

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 8月15日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-246613

出 願 人

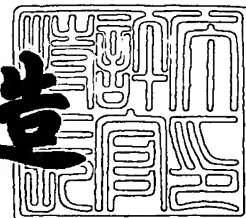
Applicant(s):

株式会社東芝

2001年12月21日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3110958

【書類名】 特許願

【整理番号】 A000104259

【提出日】 平成13年 8月15日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 5/127

【発明の名称】 磁気抵抗効果素子、磁気抵抗効果ヘッド、および磁気記録再生装置

【請求項の数】 20

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

【氏名】 湯浅 裕美

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

【氏名】 吉川 将寿

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

【氏名】 岩崎 仁志

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

【氏名】 上口 裕三

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

【氏名】 佐橋 政司

【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】

【識別番号】 100058479

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴江 武彦

【電話番号】 03-3502-3181

【選任した代理人】

【識別番号】 100084618

【弁理士】

【氏名又は名称】 村松 貞男

【選任した代理人】

【識別番号】 100068814

【弁理士】

【氏名又は名称】 坪井 淳

【選任した代理人】

【識別番号】 100092196

【弁理士】

【氏名又は名称】 橋本 良郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100091351

【弁理士】

【氏名又は名称】 河野 哲

【選任した代理人】

【識別番号】 100088683

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 誠

【選任した代理人】

【識別番号】 100070437

【弁理士】

【氏名又は名称】 河井 将次

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2001- 25736

【出願日】 平成13年 2月 1日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011567

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9705037

【プルーフの要否】 要

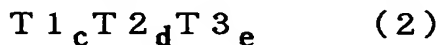
【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気抵抗効果素子、磁気抵抗効果ヘッド、および磁気記録再生装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】

磁化の方向が実質的に一方向に固着された磁化固着層と、磁化の方向が外部磁場に応じて変化する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に形成された非磁性中間層と、前記磁化固着層、非磁性中間層および磁化自由層の膜面に対して略垂直にセンス電流を通電するための電極とを具備し、
前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも1層の強磁性層が、実質的に2元合金または3元合金から形成され、一般式(1)または(2)



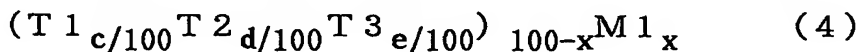
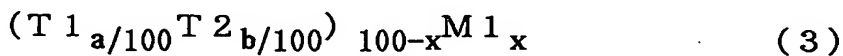
(ここで、T1、T2およびT3は、Fe、CoおよびNiからなる群より選択される互いに異なる元素であり、

$25 \text{ at} \% \leq a \leq 75 \text{ at} \%$ 、 $25 \text{ at} \% \leq b \leq 75 \text{ at} \%$ 、 $a + b = 100$ 、
 $5 \text{ at} \% \leq c \leq 90 \text{ at} \%$ 、 $5 \text{ at} \% \leq d \leq 90 \text{ at} \%$ 、 $5 \text{ at} \% \leq e \leq 90 \text{ at} \%$ 、 $c + d + e = 100$ 。)

で表されることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項2】

前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも1層の強磁性層を形成する合金が、実質的に下記一般式(3)または(4)



(ここで、T1、T2およびT3は、Fe、CoおよびNiからなる群より選択される互いに異なる元素であり、M1はSc、Ti、Mn、Cu、Zn、Ga、Ge、Zr、Hf、Y、Tc、Re、Ru、Rh、Ir、Pd、Pt、Ag、Au、B、Al、In、C、Si、Sn、Ca、Sr、Ba、O、NおよびFからなる群より選択される少なくとも1種の元素であり、

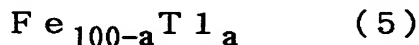
$25 \text{ at} \% \leq a \leq 75 \text{ at} \%$ 、 $25 \text{ at} \% \leq b \leq 75 \text{ at} \%$ 、 $a + b = 100$ 、
 $5 \text{ at} \% \leq c \leq 90 \text{ at} \%$ 、 $5 \text{ at} \% \leq d \leq 90 \text{ at} \%$ 、 $5 \text{ at} \% \leq e \leq 90 \text{ at} \%$ 、
 $c + d + e = 100$ 、 $0.1 \text{ at} \% \leq x \leq 30 \text{ at} \%$ 。)

で表されることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項3】

磁化の方向が実質的に一方向に固着された磁化固着層と、磁化の方向が外部磁場に応じて変化する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に形成された非磁性中間層と、前記磁化固着層、非磁性中間層および磁化自由層の膜面に対して略垂直にセンス電流を通電するための電極とを具備し、

前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも1層の強磁性層を形成する合金が、実質的に一般式(5)



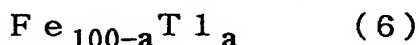
(ここで、T1はCo、Cr、V、Ni、Rh、Ti、Mo、W、Nb、Ta、Pd、Pt、ZrおよびHfからなる群より選択される少なくとも1種の元素であり、 $0 \text{ at} \% \leq a < 70 \text{ at} \%$)

で表され、かつ、その結晶構造が体心立方晶であることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項4】

磁化の方向が実質的に一方向に固着された磁化固着層と、磁化の方向が外部磁場に応じて変化する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に形成された非磁性中間層と、前記磁化固着層、非磁性中間層および磁化自由層の膜面に対して略垂直にセンス電流を通電するための電極とを具備し、

前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも1層の強磁性層を形成する合金が、実質的に一般式(6)



(ここで、T1がCoの場合 $0 \text{ at} \% \leq a \leq 80 \text{ at} \%$ 、T1がCrの場合 $0 \text{ at} \% \leq a \leq 80 \text{ at} \%$ 、T1がVの場合 $0 \text{ at} \% \leq a \leq 70 \text{ at} \%$ 、T1がNiの場合 $0 \text{ at} \% \leq a \leq 20 \text{ at} \%$ 、T1がRhの場合 $0 \text{ at} \% \leq a \leq 55 \text{ at} \%$ 、T1がTiの場合 $0 \text{ at} \% \leq a \leq 51 \text{ at} \%$)

で表され、かつ結晶構造が体心立方晶であることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項5】

磁化の方向が実質的に一方向に固着された磁化固着層と、磁化の方向が外部磁場に応じて変化する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に形成された非磁性中間層と、前記磁化固着層、非磁性中間層および磁化自由層の膜面に対して略垂直にセンス電流を通電するための電極とを具備し、
前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも1層の強磁性層を形成する3元合金が、Fe-Co-Ni合金あるいはCo-Mn-Fe合金あるいはFe-Cr-Co合金で、結晶構造が体心立方晶であることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項6】

磁化の方向が実質的に一方向に固着された磁化固着層と、磁化の方向が外部磁場に応じて変化する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に形成された非磁性中間層と、前記磁化固着層、非磁性中間層および磁化自由層の膜面に対して略垂直にセンス電流を通電するための電極とを具備し、
前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも1層を形成する合金が、
実質的に一般式(7)乃至(10)

$$(\text{Fe}_{(100-a)/100}\text{Tl}_{a/100})_{100-x}\text{M}_x \quad (7)$$

$$(\text{Fe-Co-Ni})_{100-x}\text{M}_x \quad (8)$$

$$(\text{Co-Mn-Fe})_{100-x}\text{M}_x \quad (9)$$

$$(\text{Fe-Cr-Co})_{100-x}\text{M}_x \quad (10)$$

(ここで、TlはCo、Cr、V、Ni、Rh、Ti、Mo、W、Nb、Ta、Pd、Pt、ZrおよびHfからなる群より選択される少なくとも1種の元素であり、 $0 \text{ at} \% \leq a < 70 \text{ at} \%$ 、Fe-Co-Niは体心立方晶の組成域、Co-Mn-Feは体心立方晶の組成域、Fe-Cr-Coは体心立方晶の組成域

さらに、MがMn、Cu、Re、Ru、Pd、Pt、Ag、AuおよびAlからなる群より選択される少なくとも1種の元素である場合 $0.1 \text{ at} \% \leq x \leq 20$

at %、またMがSc、Zn、Ga、Ge、Zr、Hf、Y、Tc、B、In、C、Si、Sn、Ca、Sr、Ba、O、FおよびNからなる群より選択される少なくとも1種の元素である場合 $0.1 \text{ at \%} \leq x \leq 10 \text{ at \%}$)

で表され、結晶構造が体心立方晶であることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項7】

磁化の方向が実質的に一方向に固着された磁化固着層と、磁化の方向が外部磁場に応じて変化する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に形成された非磁性中間層と、前記磁化固着層、非磁性中間層および磁化自由層の膜面に対して略垂直にセンス電流を通電するための電極とを具備し、

前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも1層を形成する合金が、実質的に一般式 (11)

$$(\text{Fe}_{(100-a)/100} \text{Tl}_a)_{100-x} \text{M}_x \quad (11)$$

(ここで、TlがCoの場合 $0 \text{ at \%} \leq a \leq 80 \text{ at \%}$ 、TlがCrの場合 $0 \text{ at \%} \leq a \leq 80 \text{ at \%}$ 、TlがVの場合 $0 \text{ at \%} \leq a \leq 70 \text{ at \%}$ 、TlがNiの場合 $0 \text{ at \%} \leq a \leq 10 \text{ at \%}$ 、TlがRhの場合 $0 \text{ at \%} \leq a \leq 55 \text{ at \%}$ 、TlがTiの場合 $0 \text{ at \%} \leq a \leq 51 \text{ at \%}$ 、

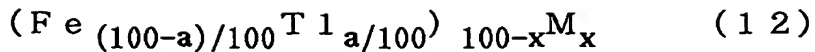
さらに、MがMn、Cu、Re、Ru、Pd、Pt、Ag、AuおよびAlからなる群より選択される少なくとも1種の元素である場合 $0.1 \text{ at \%} \leq x \leq 20 \text{ at \%}$ 、またMがSc、Zn、Ga、Ge、Zr、Hf、Y、Tc、B、In、C、Si、Sn、Ca、Sr、Ba、O、FおよびNからなる群より選択される少なくとも1種の元素である場合 $0.1 \text{ at \%} \leq x \leq 10 \text{ at \%}$)

で表され、結晶構造が体心立方晶であることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項8】

磁化の方向が実質的に一方向に固着された磁化固着層と、磁化の方向が外部磁場に応じて変化する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に形成された非磁性中間層と、前記磁化固着層、非磁性中間層および磁化自由層の膜面に対して略垂直にセンス電流を通電するための電極とを具備し、

前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも1層が、実質的に一般式 (12)



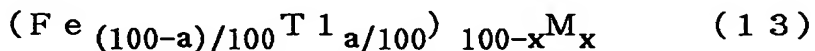
(ここで、TlはCo、Niのうち少なくとも1種の元素で $0 \text{ at} \% \leq a \leq 50 \text{ at} \%$ 、MはSc、Ti、Mn、Cu、Zn、Ga、Ge、Zr、Hf、Y、Tc、Re、Ru、Rh、Ir、Pd、Pt、Ag、Au、B、Al、In、C、Si、Sn、Ca、Sr、Ba、O、NおよびFからなる群より選択される少なくとも1種の元素であり、 $0.1 \text{ at} \% \leq x \leq 30 \text{ at} \%$)

で表されることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項9】

磁化の方向が実質的に一方向に固着された磁化固着層と、磁化の方向が外部磁場に応じて変化する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に形成された非磁性中間層と、前記磁化固着層、非磁性中間層および磁化自由層の膜面に対して略垂直にセンス電流を通電するための電極とを具備し、

前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも1層が、実質的に一般式 (13)



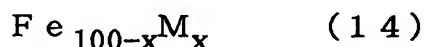
(ここで、TlはCo、Niのうち少なくとも1種の元素で $0 \text{ at} \% \leq a \leq 50 \text{ at} \%$ 、MはCu、ZnおよびGaからなる群より選択される少なくとも1種の元素で $0.1 \text{ at} \% \leq x \leq 30 \text{ at} \%$)

で表されることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項10】

磁化の方向が実質的に一方向に固着された磁化固着層と、磁化の方向が外部磁場に応じて変化する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に形成された非磁性中間層と、前記磁化固着層、非磁性中間層および磁化自由層の膜面に対して略垂直にセンス電流を通電するための電極とを具備し、

前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも1層が、実質的に一般式 (14)



(ここで、MはNi、Coからなる群より選択される少なくとも1種の元素で $0.1 \text{ at} \% \leq x \leq 5 \text{ at} \%$)

で表されることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 1 1】

磁化の方向が実質的に一方向に固着された磁化固着層と、磁化の方向が外部磁場に応じて変化する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に形成された非磁性中間層と、前記磁化固着層、非磁性中間層および磁化自由層の膜面に対して略垂直にセンス電流を通電するための電極とを具備し、

前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも 1 層が、実質的に一般式 (15)

$$(Co_{(100-a)/100}Tl_{a/100})_{100-x}M_x \quad (15)$$

(ここで、Tl は Fe、Ni のうち少なくとも 1 種の元素で $0 \text{ at} \% \leq a \leq 50 \text{ at} \%$ 、M は Sc、Ti、Mn、Cu、Zn、Ga、Ge、Zr、Hf、Y、Tc、Re、Ru、Rh、Ir、Pd、Pt、Ag、Au、B、Al、In、C、Si、Sn、Ca、Sr、Ba、O、N および F からなる群より選択される少なくとも 1 種の元素であり、 $0.1 \text{ at} \% \leq x \leq 30 \text{ at} \%$)

で表されることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 1 2】

磁化の方向が実質的に一方向に固着された磁化固着層と、磁化の方向が外部磁場に応じて変化する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に形成された非磁性中間層と、前記磁化固着層、非磁性中間層および磁化自由層の膜面に対して略垂直にセンス電流を通電するための電極とを具備し、

前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも 1 層が、実質的に一般式 (16)

$$(Co_{(100-a)/100}Tl_{a/100})_{100-x}M_x \quad (16)$$

(ここで、Tl は Fe、Ni のうち少なくとも 1 種の元素で $0 \text{ at} \% \leq a \leq 50 \text{ at} \%$ 、M は Sc、Ti、Mn、Cu および Hf からなる群より選択される少なくとも 1 種の元素で $0.1 \text{ at} \% \leq x \leq 30 \text{ at} \%$)

で表されることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 1 3】

磁化の方向が実質的に一方向に固着された磁化固着層と、磁化の方向が外部磁場

に応じて変化する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に形成された非磁性中間層と、前記磁化固着層、非磁性中間層および磁化自由層の膜面に対して略垂直にセンス電流を通電するための電極とを具備し、

前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも1層が、実質的に一般式
(17)



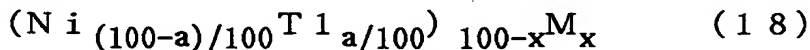
(ここで、MはFe、Niから成る群より選択される少なくとも1種の元素で $0.1 \text{ at} \% \leq x \leq 5 \text{ at} \%$)

で表されることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項14】

磁化の方向が実質的に一方向に固着された磁化固着層と、磁化の方向が外部磁場に応じて変化する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に形成された非磁性中間層と、前記磁化固着層、非磁性中間層および磁化自由層の膜面に対して略垂直にセンス電流を通電するための電極とを具備し、

前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも1層が、実質的に一般式
(18)



(ここで、TlはCo、Feのうち少なくとも1種の元素で $0 \text{ at} \% \leq a \leq 50 \text{ at} \%$ 、MはSc、Ti、Mn、Cu、Zn、Ga、Ge、Zr、Hf、Y、Tc、Re、Ru、Rh、Ir、Pd、Pt、Ag、Au、B、Al、In、C、Si、Sn、Ca、Sr、Ba、O、NおよびFからなる群より選択される少なくとも1種の元素であり、 $0.1 \text{ at} \% \leq x \leq 30 \text{ at} \%$)

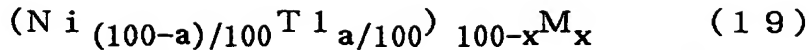
で表されることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項15】

磁化の方向が実質的に一方向に固着された磁化固着層と、磁化の方向が外部磁場に応じて変化する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に形成された非磁性中間層と、前記磁化固着層、非磁性中間層および磁化自由層の膜面に対して略垂直にセンス電流を通電するための電極とを具備し、

前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも1層が、実質的に一般式

(19)



(ここで、TlはFe、Coのうち少なくとも1種の元素で $0 \text{ at} \% \leq a \leq 50 \text{ at} \%$ 、MはSc、Ti、Mn、Zn、Ga、Ge、ZrおよびHfからなる群より選択される少なくとも1種の元素で $0.1 \text{ at} \% \leq x \leq 30 \text{ at} \%$)

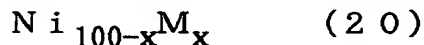
で表されることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項16】

磁化の方向が実質的に一方向に固着された磁化固着層と、磁化の方向が外部磁場に応じて変化する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に形成された非磁性中間層と、前記磁化固着層、非磁性中間層および磁化自由層の膜面に対して略垂直にセンス電流を通電するための電極とを具備し、

前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも1層が、実質的に一般式

(20)



(ここで、MはFeおよびCoからなる群より選択される少なくとも1種の元素で $0.1 \text{ at} \% \leq x \leq 5 \text{ at} \%$)

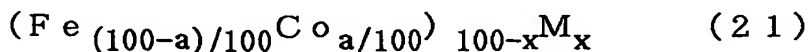
で表されることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項17】

磁化の方向が実質的に一方向に固着された磁化固着層と、磁化の方向が外部磁場に応じて変化する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に形成された非磁性中間層と、前記磁化固着層、非磁性中間層および磁化自由層の膜面に対して略垂直にセンス電流を通電するための電極とを具備し、

前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも1層が、実質的に一般式

(21)



(ここで、 $0 \text{ at} \% \leq a \leq 80 \text{ at} \%$ 、MはCr、V、Ta、Nb、Sc、Ti、Mn、Cu、Zn、Ga、Ge、Zr、Hf、Y、Tc、Re、Ru、Rh、Ir、Pd、Pt、Ag、Au、B、Al、In、C、Si、Sn、Ca、Sr、Ba、O、NおよびFからなる群より選択される少なくとも1種の元素で0.

1 a t % ≤ x ≤ 2 0 a t %)

で表され、その結晶構造が体心立方晶であることを特徴とする磁気抵抗効果素子

【請求項 1 8】

磁化の方向が実質的に一方向に固着された磁化固着層と、磁化の方向が外部磁場に応じて変化する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に形成された非磁性中間層と、前記磁化固着層、非磁性中間層および磁化自由層の膜面に対して略垂直にセンス電流を通電するための電極とを具備し、

前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも 1 層が、結晶構造が体心立方晶である $\text{Fe}_{1-a}\text{Co}_a$ ($0 \text{ a t \%} \leq a \leq 8 0 \text{ a t \%}$) から形成された 1 つ以上の層と、Cr、V、Ta、Nb、Sc、Ti、Mn、Cu、Zn、Ga、Ge、Zr、Hf、Y、Tc、Re、Ru、Rh、Ir、Pd、Pt、Ag、Au、B、Al、In、C、Si、Sn、Ca、Sr、Ba、O、N および F からなる群より選択される少なくとも 1 種の元素で形成された厚さ 0.03 nm から 1 nm の 1 つ以上の層を交互に積層した構造を有することを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 1 9】

請求項 1 乃至 1 8 のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子を具備したことを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項 2 0】

磁気記録媒体と、請求項 1 乃至 1 8 のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子を具備したことを特徴とする磁気記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は外部磁場を検知するためのセンス電流を素子膜面に垂直方向に流す磁気抵抗効果素子、磁気ヘッドおよび磁気記録再生装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来、磁気記録媒体に記録された情報の読み出しは、コイルを有する再生用の磁気ヘッドを記録媒体に対して相対的に移動させ、そのときに発生する電磁誘導でコイルに誘起される電圧を検出する方法によって行われてきた。その後、磁気抵抗効果素子（以下MR素子）が開発され、磁場センサに用いられる他、ハードディスクドライブ等の磁気記録再生装置に搭載される磁気ヘッド（以下MRヘッド）として用いられてきた。

【0003】

近年、磁気記録媒体の小型・大容量化が進められ、情報読み出し時の再生用磁気ヘッドと磁気記録媒体との相対速度が小さくなってきているため、小さい相対速度であっても大きな出力が取り出せるMRヘッドへの期待が高まっている。

【0004】

このような期待に対して、Fe/CrやFe/Cuのように強磁性金属膜と非磁性金属膜とをある条件で交互に積層して、近接する強磁性金属膜間を反強磁性結合させた多層膜、いわゆる人工格子膜が巨大な磁気抵抗効果を示すことが報告されている(Phys. Rev. Lett. 61 2474 (1988), Phys. Rev. Lett. 64 2304 (1990)等参照)。しかし、人工格子膜は磁化が飽和するのに必要な磁場が高いため、MRヘッド用の膜材料には適さない。

【0005】

これに対し、強磁性層／非磁性層／強磁性層のサンドイッチ構造の多層膜で、強磁性層が反強磁性結合しない場合でも、大きな磁気抵抗効果を実現した例が報告されている。すなわち、非磁性層を挟んだ2層の強磁性層の一方に交換バイアス磁場を印加して磁化を固定しておき、他方の強磁性層を外部磁場（信号磁場等）により磁化反転させる。これにより、非磁性層を挟んで配置された2つの強磁性層の磁化方向の相対的な角度を変化させることによって、大きな磁気抵抗効果が得られる。このようなタイプの多層膜はスピバルブと呼ばれている(Phys. Rev., B45, 806 (1992), J. Appl. Phys., 69, 4774 (1981)等参照)。スピバルブは低磁場で磁化を飽和させることができるため、MRヘッドに適しており、既に実用化されているが、磁気抵抗変化率は最大でも約20%までであり、更に高い磁気抵抗変化率を示すMR素子が必要となってきた。

【0006】

ところで、これまでのMR素子は、センス電流を素子膜面内に通電して利用されている (Current in plane: CIP)。これに対し、センス電流を素子膜面に垂直に通電する (Current perpendicular to plane: CPP) と、CIPの10倍程度の磁気抵抗変化率が得られるとの報告もあり (J. Phys. Condens. Matter., 11, 5717 (1999)等)、変化率100%も不可能ではない。しかし、スピバルブ構造はスピン依存する層の総膜厚が非常に薄く、界面の数も少ないことから、垂直通電した場合の抵抗自体が小さくなり、出力絶対値も小さくなってしまう。従来CIPに用いている膜構成のスピバルブに垂直通電すると、ピン層およびフリー層の厚さが5nm相当での $1\mu\text{m}^2$ 当たりの出力絶対値 $A\Delta R$ は、約 $0.5\text{m}\Omega\mu\text{m}^2$ と小さい。このため、更なる出力増大が必要である。

【0007】

スピバルブ構造で大きな出力を得るためには、スピン依存伝導に関与する部分の抵抗値を上げ、抵抗変化量を大きくすることが重要となってくる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

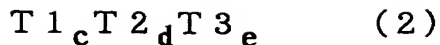
本発明の目的は、スピバルブ構造の垂直通電磁気抵抗効果素子において、適当な材料をピン層およびフリー層のうち少なくとも1層に配置することにより、抵抗変化量を大きくすることにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明の一態様に係る磁気抵抗効果素子は、磁化の方向が実質的に一方向に固着された磁化固着層と、磁化の方向が外部磁場に応じて変化する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に形成された非磁性中間層と、前記磁化固着層、非磁性中間層および磁化自由層の膜面に対して略垂直にセンス電流を通電するための電極とを具備し、前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも1層の強磁性層が、実質的に2元合金または3元合金から形成され、一般式(1)または(2)

$$T1_a T2_b \quad (1)$$



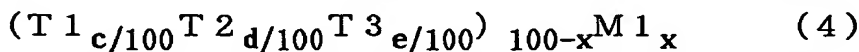
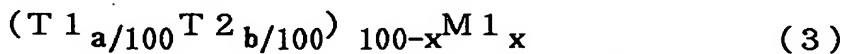
(ここで、T1、T2およびT3は、Fe、CoおよびNiからなる群より選択される互いに異なる元素であり、

$25 \text{ at} \% \leq a \leq 75 \text{ at} \%$ 、 $25 \text{ at} \% \leq b \leq 75 \text{ at} \%$ 、 $a + b = 100$ 、 $5 \text{ at} \% \leq c \leq 90 \text{ at} \%$ 、 $5 \text{ at} \% \leq d \leq 90 \text{ at} \%$ 、 $5 \text{ at} \% \leq e \leq 90 \text{ at} \%$ 、 $c + d + e = 100$ 。)

で表されることを特徴とする。

【0010】

上記の磁気抵抗効果素子においては、前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも1層の強磁性層を形成する合金が、実質的に下記一般式(3)または(4)



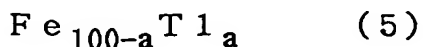
(ここで、T1、T2およびT3は、Fe、CoおよびNiからなる群より選択される互いに異なる元素であり、M1はSc、Ti、Mn、Cu、Zn、Ga、Ge、Zr、Hf、Y、Tc、Re、Ru、Rh、Ir、Pd、Pt、Ag、Au、B、Al、In、C、Si、Sn、Ca、Sr、Ba、O、NおよびFからなる群より選択される少なくとも1種の元素であり、

$25 \text{ at} \% \leq a \leq 75 \text{ at} \%$ 、 $25 \text{ at} \% \leq b \leq 75 \text{ at} \%$ 、 $a + b = 100$ 、 $5 \text{ at} \% \leq c \leq 90 \text{ at} \%$ 、 $5 \text{ at} \% \leq d \leq 90 \text{ at} \%$ 、 $5 \text{ at} \% \leq e \leq 90 \text{ at} \%$ 、 $c + d + e = 100$ 、 $0.1 \text{ at} \% \leq x \leq 30 \text{ at} \%$ 。)

で表される合金を用いてもよい。

【0011】

また、本発明の他の態様に係る磁気抵抗効果素子は、上記と同様な垂直通電型であって、前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも1層の強磁性層を形成する合金が、実質的に一般式(5)



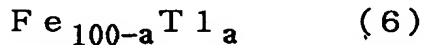
(ここで、T1はCo、Cr、V、Ni、Rh、Ti、Mo、W、Nb、Ta、Pd、Pt、ZrおよびHfからなる群より選択される少なくとも1種の元素で

あり、 $0 \text{ at} \% \leq a < 70 \text{ at} \%$)

で表され、かつ、その結晶構造が体心立方晶であることを特徴とする。

【0012】

また、本発明の他の態様に係る磁気抵抗効果素子は、上記と同様な垂直通電型であって、前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも1層の強磁性層を形成する合金が、実質的に一般式(6)



(ここで、T1がCoの場合 $0 \text{ at} \% \leq a \leq 80 \text{ at} \%$ 、T1がCrの場合 $0 \text{ at} \% \leq a \leq 80 \text{ at} \%$ 、T1がVの場合 $0 \text{ at} \% \leq a \leq 70 \text{ at} \%$ 、T1がNiの場合 $0 \text{ at} \% \leq a \leq 20 \text{ at} \%$ 、T1がRhの場合 $0 \text{ at} \% \leq a \leq 55 \text{ at} \%$ 、T1がTiの場合 $0 \text{ at} \% \leq a \leq 51 \text{ at} \%$)

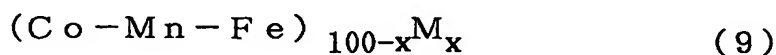
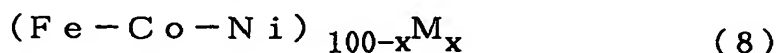
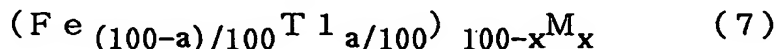
で表され、かつ結晶構造が体心立方晶であることを特徴とする。

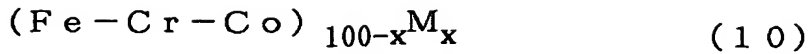
【0013】

また、本発明の他の態様に係る磁気抵抗効果素子は、上記と同様な垂直通電型であって前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも1層の強磁性層を形成する3元合金が、Fe-Co-Ni合金あるいはCo-Mn-Fe合金あるいはFe-Cr-Co合金で、結晶構造が体心立方晶であることを特徴とする。図20の相図に体心立方晶をなすFe-Co-Ni合金の組成域を示す。薄膜では、膜の質によって非平衡であっても斜線部まで体心立方晶を取ることができる。図21の相図に体心立方晶をなすCo-Mn-Fe合金の組成域を示す。ここでも、同様に斜線部まで体心立方晶を取ることができる。また、Fe-Cr-Co合金は、ほぼ全組成域で体心立方晶をとることができる。

【0014】

また、本発明の他の態様に係る磁気抵抗効果素子は、上記と同様な垂直通電型であって、前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも1層を形成する合金が、実質的に一般式(7)乃至(10)



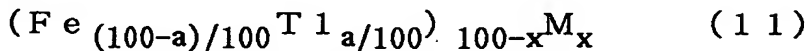


(ここで、T1はCo、Cr、V、Ni、Rh、Ti、Mo、W、Nb、Ta、Pd、Pt、ZrおよびHfからなる群より選択される少なくとも1種の元素であり、 $0 \text{ at} \% \leq a < 70 \text{ at} \%$ 、Fe-Co-Niは体心立方晶の組成域、Co-Mn-Feは体心立方晶の組成域、Fe-Cr-Coは体心立方晶の組成域、さらに、MがMn、Cu、Re、Ru、Pd、Pt、Ag、AuおよびAlからなる群より選択される少なくとも1種の元素である場合 $0.1 \text{ at} \% \leq x \leq 20 \text{ at} \%$ 、またMがSc、Zn、Ga、Ge、Zr、Hf、Y、Tc、B、In、C、Si、Sn、Ca、Sr、Ba、O、FおよびNからなる群より選択される少なくとも1種の元素である場合 $0.1 \text{ at} \% \leq x \leq 10 \text{ at} \%$)

で表され、結晶構造が体心立方晶であることを特徴とする。

【0015】

また、本発明の他の態様に係る磁気抵抗効果素子は、上記と同様な垂直通電型であって前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも1層を形成する合金が、実質的に一般式 (11)



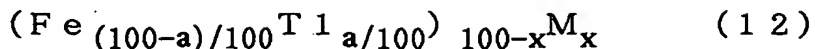
(ここで、T1がCoの場合 $0 \text{ at} \% \leq a \leq 80 \text{ at} \%$ 、T1がCrの場合 $0 \text{ at} \% \leq a \leq 80 \text{ at} \%$ 、T1がVの場合 $0 \text{ at} \% \leq a \leq 70 \text{ at} \%$ 、T1がNiの場合 $0 \text{ at} \% \leq a \leq 10 \text{ at} \%$ 、T1がRhの場合 $0 \text{ at} \% \leq a \leq 55 \text{ at} \%$ 、T1がTiの場合 $0 \text{ at} \% \leq a \leq 51 \text{ at} \%$ 、さらに、MがMn、Cu、Re、Ru、Pd、Pt、Ag、AuおよびAlからなる群より選択される少なくとも1種の元素である場合 $0.1 \text{ at} \% \leq x \leq 20 \text{ at} \%$ 、またMがSc、Zn、Ga、Ge、Zr、Hf、Y、Tc、B、In、C、Si、Sn、Ca、Sr、Ba、O、FおよびNからなる群より選択される少なくとも1種の元素である場合 $0.1 \text{ at} \% \leq x \leq 10 \text{ at} \%$)

で表され、結晶構造が体心立方晶であることを特徴とする。

【0016】

また、本発明の他の態様に係る磁気抵抗効果素子は、上記と同様な垂直通電型であって、前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも1層が、実質

的に一般式 (12)

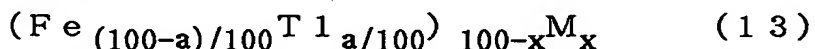


(ここで、TlはCo、Niのうち少なくとも1種の元素で $0 \text{ at} \% \leq a \leq 50 \text{ at} \%$ 、MはSc、Ti、Mn、Cu、Zn、Ga、Ge、Zr、Hf、Y、Tc、Re、Ru、Rh、Ir、Pd、Pt、Ag、Au、B、Al、In、C、Si、Sn、Ca、Sr、Ba、O、NおよびFからなる群より選択される少なくとも1種の元素であり、 $0.1 \text{ at} \% \leq x \leq 30 \text{ at} \%$)

で表されることを特徴とする。

【0017】

また、本発明の他の態様に係る磁気抵抗効果素子は、上記と同様な垂直通電型であって、前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも1層が、実質的に一般式 (13)



(ここで、TlはCo、Niのうち少なくとも1種の元素で $0 \text{ at} \% \leq a \leq 50 \text{ at} \%$ 、MはCu、ZnおよびGaからなる群より選択される少なくとも1種の元素で $0.1 \text{ at} \% \leq x \leq 30 \text{ at} \%$)

で表されることを特徴とする。

【0018】

また、本発明の他の態様に係る磁気抵抗効果素子は、上記と同様な垂直通電型であって、前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも1層が、実質的に一般式 (14)



(ここで、MはNi、Coからなる群より選択される少なくとも1種の元素で $0.1 \text{ at} \% \leq x \leq 5 \text{ at} \%$)

で表されることを特徴とする。

【0019】

また、本発明の他の態様に係る磁気抵抗効果素子は、上記と同様な垂直通電型であって、前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも1層が、実質的に一般式 (15)

$$(\text{Co}_{(100-a)/100}\text{Tl}_a/100)_{100-x}\text{M}_x \quad (15)$$

(ここで、TlはFe、Niのうち少なくとも1種の元素で $0 \text{ at} \% \leq a \leq 50 \text{ at} \%$ 、MはSc、Ti、Mn、Cu、Zn、Ga、Ge、Zr、Hf、Y、Tc、Re、Ru、Rh、Ir、Pd、Pt、Ag、Au、B、Al、In、C、Si、Sn、Ca、Sr、Ba、O、NおよびFからなる群より選択される少なくとも1種の元素であり、 $0.1 \text{ at} \% \leq x \leq 30 \text{ at} \%$)

で表されることを特徴とする。

【0020】

また、本発明の他の態様に係る磁気抵抗効果素子は、上記と同様な垂直通電型であって、前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも1層が、実質的に一般式(16)

$$(\text{Co}_{(100-a)/100}\text{Tl}_a/100)_{100-x}\text{M}_x \quad (16)$$

(ここで、TlはFe、Niのうち少なくとも1種の元素で $0 \text{ at} \% \leq a \leq 50 \text{ at} \%$ 、MはSc、Ti、Mn、CuおよびHfからなる群より選択される少なくとも1種の元素で $0.1 \text{ at} \% \leq x \leq 30 \text{ at} \%$)

で表されることを特徴とする。

【0021】

また、本発明の他の態様に係る磁気抵抗効果素子は、上記と同様な垂直通電型であって、前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも1層が、実質的に一般式(17)

$$\text{Co}_{100-x}\text{M}_x \quad (17)$$

(ここで、MはFe、Niから成る群より選択される少なくとも1種の元素で $0.1 \text{ at} \% \leq x \leq 5 \text{ at} \%$)

で表されることを特徴とする。

【0022】

また、本発明の他の態様に係る磁気抵抗効果素子は、上記と同様な垂直通電型であって、前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも1層が、実質的に一般式(18)

$$(\text{Ni}_{(100-a)/100}\text{Tl}_a/100)_{100-x}\text{M}_x \quad (18)$$

(ここで、T1はCo、Feのうち少なくとも1種の元素で $0 \text{ at } \% \leq a \leq 50 \text{ at } \%$ 、MはSc、Ti、Mn、Cu、Zn、Ga、Ge、Zr、Hf、Y、Tc、Re、Ru、Rh、Ir、Pd、Pt、Ag、Au、B、Al、In、C、Si、Sn、Ca、Sr、Ba、O、NおよびFからなる群より選択される少なくとも1種の元素であり、 $0.1 \text{ at } \% \leq x \leq 30 \text{ at } \%$)

で表されることを特徴とする。

【0023】

また、本発明の他の態様に係る磁気抵抗効果素子は、上記と同様な垂直通電型であって、前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも1層が、実質的に一般式(19)

$$(\text{Ni}_{(100-a)/100} \text{Tl}_{a/100})_{100-x} \text{M}_x \quad (19)$$

(ここで、T1はFe、Coのうち少なくとも1種の元素で $0 \text{ at } \% \leq a \leq 50 \text{ at } \%$ 、MはSc、Ti、Mn、Zn、Ga、Ge、ZrおよびHfからなる群より選択される少なくとも1種の元素で $0.1 \text{ at } \% \leq x \leq 30 \text{ at } \%$)

で表されることを特徴とする。

【0024】

また、本発明の他の態様に係る磁気抵抗効果素子は、上記と同様な垂直通電型であって、前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも1層が、実質的に一般式(20)

$$\text{Ni}_{100-x} \text{M}_x \quad (20)$$

(ここで、MはFeおよびCoからなる群より選択される少なくとも1種の元素で $0.1 \text{ at } \% \leq x \leq 5 \text{ at } \%$)

で表されることを特徴とする。

【0025】

また、本発明の他の態様に係る磁気抵抗効果素子は、上記と同様な垂直通電型であって、前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも1層が、実質的に一般式(21)

$$(\text{Fe}_{(100-a)/100} \text{Co}_{a/100})_{100-x} \text{M}_x \quad (21)$$

(ここで、 $0 \text{ at } \% \leq a \leq 80 \text{ at } \%$ 、MはCr、V、Ta、Nb、Sc、Ti

、Mn、Cu、Zn、Ga、Ge、Zr、Hf、Y、Tc、Re、Ru、Rh、Ir、Pd、Pt、Ag、Au、B、Al、In、C、Si、Sn、Ca、Sr、Ba、O、NおよびFからなる群より選択される少なくとも1種の元素で0.1 at % $\leq x \leq 20$ at %)

で表され、その結晶構造が体心立方晶であることを特徴とする。

【0026】

また、本発明の他の態様に係る磁気抵抗効果素子は、上記と同様な垂直通電型であって、前記磁化固着層および前記磁化自由層のうち少なくとも1層が、結晶構造が体心立方晶である $\text{Fe}_{1-a}\text{Co}_a$ (0 at % $\leq a \leq 80$ at %) から形成された1つ以上の層と、Cr、V、Ta、Nb、Sc、Ti、Mn、Cu、Zn、Ga、Ge、Zr、Hf、Y、Tc、Re、Ru、Rh、Ir、Pd、Pt、Ag、Au、B、Al、In、C、Si、Sn、Ca、Sr、Ba、O、NおよびFからなる群より選択される少なくとも1種の元素で形成された厚さ0.03 nmから1 nmの1つ以上の層を交互に積層した構造を有することを特徴とする。

【0027】

本発明の一態様に係る磁気ヘッドは上記のいずれかの磁気抵抗効果素子を具備したことを特徴とする。

【0028】

本発明の一態様に係る磁気記録再生装置は、磁気記録媒体と、上記のいずれかの磁気抵抗効果素子を具備したことを特徴とする。

【0029】

【発明の実施の形態】

図1は、本発明の一実施形態に係る磁気抵抗効果素子を示す断面図である。図1に示す磁気抵抗効果素子は、下部電極11、下地層12、反強磁性層13、磁化固着層14、非磁性中間層15、磁化自由層16、保護層17、上部電極18を有する。磁気抵抗効果膜は上部電極11と下部電極18に挟持され、センス電流は膜面垂直に流れる。

【0030】

図2のように、磁気抵抗効果膜の積層順序を、図1のものと上下入れ替えたよ

うな構成にしてもよい。図 1 のように反強磁性層を下部に配置した構成はボトム型スピバルブと呼ばれ、図 2 のように反強磁性層を上部に配置した構成はトップ型スピバルブと呼ばれる。

【 0 0 3 1 】

図 3 のように下部電極 1 1 および上部電極 1 8 の面積は磁気抵抗効果膜より大きくてもよいし、図 4 のように下部電極 1 1 および上部電極 1 8 の面積は磁気抵抗効果膜より小さくてもよい。また、上部電極 1 1 と下部電極 1 8 の面積が互いに異なってもよい。磁気抵抗効果素子は図 1 ～図 4 に示したもののほかにも種々の構成のものが考えられる。

【 0 0 3 2 】

以上のような膜構成を有する磁気抵抗効果素子のうち、磁気抵抗効果に關与するのは磁化固着層と磁化自由層、および各強磁性層と非磁性中間層の界面である。出力すなわち磁気抵抗変化量の絶対値を増大させ、実用に耐え得る磁気抵抗効果素子を作製するには、これらの部分の材料選択を最適化することが有効である。

【 0 0 3 3 】

これについて、図 5 を用いて簡単に説明する。図 5 は垂直通電の磁気抵抗効果素子の電気抵抗を各部位に分解して示したものである。垂直通電する素子においては、電極、下地層、反強磁性層などの電気抵抗が直列に接続される。下地層に一般的に用いられる Ta では比抵抗が約 $120 \mu\Omega\text{cm}$ 、反強磁性層に用いられる IrMn や PtMn では比抵抗が約 $300 \mu\Omega\text{cm}$ であるのに対し、磁化固着層と磁化自由層によく用いられる $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ では約 $14 \mu\Omega\text{cm}$ 、 $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ では約 $19 \mu\Omega\text{cm}$ と、1桁ほど比抵抗が小さい。更に、電極の抵抗および接触抵抗などの寄生抵抗は、2端子素子とした場合には影響を増す。このため、変化量がベースの抵抗に埋もれてしまわないよう、スピに依存する部分での磁気抵抗変化量を高くする必要がある。

【 0 0 3 4 】

本発明の磁気抵抗効果素子では、スピに依存抵抗を持つ磁化固着層と磁化自由層の材料を適切に選択することにより、高い出力が得られるようにしている。

【0035】

本発明に各実施形態に係る具体的な磁気抵抗効果素子として、以下に説明する2種の素子を実際に作製して、その効果を評価した。

【0036】

図17に第1の磁気抵抗効果素子を示す。この素子の作製プロセスは以下のとおりである。まずSi基板51上に約500nmの AlO_x 52を成膜し、その上にレジストを塗布、PEPにより下部電極となる部分のレジストを除去する。次にRIE(Reactive Ion Etching)によりレジストのない部分の AlO_x を除去し、5nmTa/400nmCu/20nmTaを成膜して下部電極53を成膜する。次にCMP(Cheical Mechanical Polishing)を行って平滑化することにより、下部電極53を AlO_x 52から露出させる。下部電極53上に約 $3 \times 3 \mu m \sim 5 \times 5 \mu m$ のサイズのスピバルブ膜54を作製する。スピバルブ膜54の側面に約30nmのCoPtハード膜55を作製する。全面にパシベーション膜として約200nmの SiO_x 56を成膜する。レジストを塗布した後、スピバルブ膜54の中央部のコンタクトホール形成領域からレジストを除去する。RIEとミリングにより、約 $0.3 \mu m \phi \sim 3 \mu m \phi$ のコンタクトホールを形成する。レジストを除去した後、5nmTa/400nmCu/5nmTaからなる上部電極57と約200nmのAuパッド(図示せず)を形成する。

【0037】

図18に第2の磁気抵抗効果素子を示す。図17の場合と同様に、Si基板51上に AlO_x 52を成膜し、 AlO_x 52の一部を除去し、下部電極53を成膜した後、CMPを行って平滑化することにより、下部電極53を AlO_x 52から露出させる。下部電極53上にスピバルブ膜54を作製し、幅約 $2 \mu m$ から $5 \mu m$ のストライプ状に加工する。全面にパシベーション膜として約200nmの SiO_x 56を成膜する。レジストを塗布した後、スピバルブ膜54において、スピバルブ膜54の長手方向に直交して約 $1.5 \mu m$ から $5 \mu m$ の範囲のレジストを除去し、素子サイズを規定する。レジストを除去した後、スピバルブ膜54全体にセンス電流が一様に流れるように、スピバルブ膜54の直上に約100nmのAu膜58を成膜する。その後、図17の素子と同じく上部電

極57とパッドを形成する。

【0038】

これらの素子について、4端子法を用いて電気抵抗特性を測定した結果、出力については2つの素子で差違のないことを確認した。また、結晶構造解析はCu-K α 線を用いて行い、モフォロジーは断面TEM観察にて確認し、組成分布についてはn-EDXで調べた。また、合金中の特定の元素についてEXAFSで電子状態を調べた。

【0039】

〔1〕磁化固着層と磁化自由層を形成する強磁性層の適正な組成について検討した結果を説明する。

【0040】

(第1の実施形態)

磁化固着層と磁化自由層にFe濃度を変化させたCo_{100-x}Fe_x合金を用いて磁気抵抗効果膜を作製した。膜構成は以下の通りである。

【0041】

下部電極／5nmTa／5nmNiFeCr／15nmPtMn（反強磁性層）／7nmCo_{100-x}Fe_x（磁化固着層）／7nmCu（非磁性中間層）／7nmCo_{100-x}Fe_x（磁化自由層）／10nmTa／上部電極（数値は膜厚）。

【0042】

磁化自由層と磁化固着層は膜厚を7nmに固定し、Fe濃度xを0、10at%、20at%、27at%、30at%、40at%、50at%、60at%、70at%、80at%、90at%、100at%と変化させた。

【0043】

図6に抵抗変化量のFe濃度依存性を示す。縦軸は、素子面積1 μm^2 あたりの抵抗変化量 $A\Delta R$ を、磁化自由層および磁化固着層が純Coからなる素子の抵抗変化量 $A\Delta R$ （0.5m $\Omega\mu\text{m}^2$ ）で規格化した値を示している。

【0044】

図6より、抵抗変化量 $A\Delta R$ を増大させるのに効果的な組成は、Fe濃度25at%から75at%、より望ましくは40at%から60at%の組成域であ

ることがわかった。

【0045】

(第2の実施形態)

磁化固着層と磁化自由層にFe濃度を変化させた $\text{Ni}_{100-x}\text{Fe}_x$ 合金を用いて磁気抵抗効果膜を作製した。膜構成は以下の通りである。

【0046】

下部電極／5nmTa／5nmNiFeCr／15nmPtMn／7nm $\text{Ni}_{100-x}\text{Fe}_x$ ／7nmCu／7nm $\text{Ni}_{100-x}\text{Fe}_x$ ／10nmTa／上部電極（数値は膜厚）。

【0047】

磁化自由層と磁化固着層は膜厚を7nmに固定し、Fe濃度を0、10at%、20at%、30at%、40at%、50at%、60at%、70at%、80at%、90at%、100at%と変化した。

【0048】

図7に抵抗変化量のFe濃度依存性を示す。縦軸は、素子面積 $1\mu\text{m}^2$ あたりの抵抗変化量 $A\Delta R$ を、磁化自由層および磁化固着層が純Coからなる素子の抵抗変化量 $A\Delta R$ ($0.5\text{m}\Omega\mu\text{m}^2$) で規格化した値を示している。

【0049】

図7より、抵抗変化量 $A\Delta R$ を増大させるのに効果的な組成は、Fe濃度25at%から75at%、より望ましくは40at%から60at%の組成域であることがわかった。

【0050】

(第3の実施形態)

磁化固着層と磁化自由層にCo濃度を変化させた $\text{Ni}_{100-x}\text{Co}_x$ 合金を用いて磁気抵抗効果膜を作製した。膜構成は以下の通りである。

【0051】

下部電極／5nmTa／5nmNiFeCr／15nmPtMn／7nm $\text{Ni}_{100-x}\text{Co}_x$ ／7nmCu／7nm $\text{Ni}_{100-x}\text{Co}_x$ ／10nmTa／上部電極（数値は膜厚）。

【0052】

磁化自由層と磁化固着層は膜厚を7nmに固定し、Co濃度を0、10at%、20at%、30at%、40at%、50at%、60at%、70at%、80at%、90at%、100at%と変化させた。

【0053】

図8に抵抗変化量のCo濃度依存性を示す。縦軸は、素子面積 $1\mu\text{m}^2$ あたりの抵抗変化量 $A\Delta R$ を、磁化自由層および磁化固着層が純Coからなる素子の抵抗変化量 $A\Delta R$ ($0.5\text{m}\Omega\mu\text{m}^2$) で規格化した値を示している。

【0054】

図8より、抵抗変化量 $A\Delta R$ を増大させるのに効果的な組成は、Co濃度25at%から75at%、より望ましくは40at%から60at%の組成域であることがわかった。

【0055】

(第4の実施形態)

磁化固着層と磁化自由層にFe、CoおよびNiの3元合金を用い、上記と同様に組成を変化させて磁気抵抗効果膜を作製した。膜構成は以下の通りである。

【0056】

下部電極/5nmTa/5nmNiFeCr/15nmPtMn/7nmFe_xCo_yNi_z/7nmCu/7nmFe_xCo_yNi_z/10nmTa/上部電極 (数値は膜厚)。

【0057】

磁化自由層と磁化固着層は膜厚を7nmに固定し、3元合金の組成を図9のa～jで示す10通りに変化させた。図9には第1～第3の実施形態で検討した合金組成も示している。表1に磁化固着層と磁化自由層に用いた3元合金の組成と、規格化した抵抗変化量、すなわち $A\Delta R$ (3元合金) / $A\Delta R$ (純Co) の値との関係を示す。

【0058】

【表 1】

	組成 (Fe、Co、Ni)	AΔR (3 元合金) / AΔR (純 Co)
a	(33%、34%、33%)	6 倍
b	(20%、40%、40%)	5.3 倍
c	(60%、20%、20%)	5.4 倍
d	(80%、10%、10%)	4.3 倍
e	(40%、20%、40%)	5.5 倍
f	(20%、60%、20%)	5.3 倍
g	(10%、80%、10%)	4.0 倍
h	(40%、40%、20%)	5.4 倍
i	(20%、20%、60%)	5.1 倍
j	(10%、10%、80%)	3.7 倍

【0059】

また、図10に、図9における純Co-g-f-a-e-Ni₅₀Fe₅₀のラインに沿う、合金組成と磁気抵抗変化量との関係を示す。

【0060】

図10より、抵抗変化量AΔRを増大させるのに効果的な組成は、最少の元素が少なくとも5at%含まれている組成、より望ましくは最少元素が20at%以上含まれている組成であることがわかった。

【0061】

なお、第1～第4の実施形態において、磁化自由層と磁化固着層に用いられる合金の作製方法としては、ごく薄い層を多数積層してミキシングにより合金化を図ってもよいが、予めターゲットを所望の組成を合わせておいた方が制御性もよく、結晶性等の膜質も向上する。

【0062】

〔2〕磁化固着層と磁化自由層を形成する強磁性層を、Fe、CoおよびNiならびにこれらの合金に添加元素を加えた材料で作製した実施形態について説明する。

【0063】

(第5の実施形態)

磁化固着層と磁化自由層にCo₅₀Fe₅₀にCuを添加した合金を用いて磁気抵

抗効果膜を作製した。膜構成は以下の通りである。

【0064】

下部電極／5nmTa／5nmNiFeCr／15nmPtMn／7nm($\text{Co}_{0.5}\text{Fe}_{0.5}$) $_{100-y}\text{Cu}_y$ ／7nmCu／7nm($\text{Co}_{0.5}\text{Fe}_{0.5}$) $_{100-y}\text{Cu}_y$ ／10nmTa／上部電極(数値は膜厚)。

【0065】

磁化自由層と磁化固着層は7nmに固定し、Cu添加量yを0at%、0.5at%、2at%、5at%、10at%、15at%、20at%、30at%、40at%と変化させた。

【0066】

図11に抵抗変化量のCu添加量依存性を示す。縦軸は、素子面積 $1\mu\text{m}^2$ あたりの抵抗変化量 $A\Delta R$ を、磁化自由層および磁化固着層が純Coからなる素子の抵抗変化量 $A\Delta R$ ($0.5\text{m}\Omega\mu\text{m}^2$)で規格化した値を示している。

【0067】

図11より、抵抗変化量 $A\Delta R$ を増大させるのに効果的なCu添加量は20at%以下、より望ましくは5at%以下であることがわかった。

【0068】

同様に、磁化固着層と磁化自由層に用いる $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ への添加元素および添加量を変化させた場合、磁化自由層および磁化固着層が純Coからなる素子の抵抗変化量で規格化した抵抗変化量は、Cr1at%で2倍、V1at%で2倍、Zn5at%で3倍、Ga2at%で3倍、Sc2at%で3倍、Ti2at%で3倍、Mn2at%で2倍、Hf2at%で3倍となり、これらの添加元素が抵抗変化量増大に効果があることがわかった。いずれの添加元素でも、添加量が0.1at%～30at%、より望ましくは10at%以下で効果がある。また、Niについては5at%以下の添加によって、 $A\Delta R$ が5.5倍になることが確認されている。

【0069】

同様に、添加元素としてTa、Nb、Ge、Zr、Y、Tc、Re、Ru、Rh、Ir、Pd、Pt、Ag、Au、B、Al、In、C、Si、Sn、Ca、

Sr、Baを用いた場合にも、0.1at%～30at%の添加で磁気抵抗変化量の増加が認められた。

【0070】

上述した添加元素による磁気抵抗変化量の増大効果は、 $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ 合金に限らず、Co-Fe 2元合金、Ni-Fe 2元合金、Ni-Co 2元合金、Fe-Co-Ni 3元合金のいずれの組成域においても、同様に認められた。

【0071】

(第6の実施形態)

磁化固着層と磁化自由層にFeに添加元素を添加した合金を用いて磁気抵抗効果膜を作製した。膜構成は以下の通りである。

【0072】

下部電極／5nmTa／5nmNiFeCr／15nmPtMn／7nmFe_{100-x}M_x／7nmCu／7nmFe_{100-x}M_x／10nmTa／上部電極（数値は膜厚）。

【0073】

磁化自由層と磁化固着層は膜厚を7nmに固定し、添加元素Mの添加量xを0、5at%、10at%、15at%、20at%、30at%、40at%と変化させた。

【0074】

添加元素としてCuを用いた場合、抵抗変化量 ΔR を増大させるのに効果的な添加量は0.5at%～30at%、より望ましくは20at%以下であることがわかった。

【0075】

種々の添加元素および添加量での規格化抵抗変化量は、Zn3at%で1.5倍に、Ga2at%で1.5倍となり、これらの添加元素が抵抗変化量増大に効果があることがわかった。いずれの添加元素でも、0.1at%～30at%、より望ましくは10at%以下で効果がある。またNiについては、0.1at%～5at%の添加によって ΔR が1.3倍になることが確認されている。

【0076】

同様に、添加元素としてCr、V、Ta、Nb、Sc、Ti、Mn、Ge、Zr、Hf、Y、Tc、Re、Ru、Rh、Ir、Pd、Pt、Ag、Au、B、Al、In、C、Si、Sn、Ca、Sr、Baを用いた場合にも、約30at%以下の添加で磁気抵抗変化量の増加が認められた。

【0077】

上述した添加元素による抵抗変化量の増大効果は、純Feに限らず、Fe基合金すなわちFeが50at%以上を占める合金においても同様に認められた。

【0078】

(第7の実施形態)

磁化固着層と磁化自由層にCoに添加元素を添加した合金を用いて磁気抵抗効果膜を作製した。膜構成は以下の通りである。

【0079】

下部電極／5nmTa／5nmNiFeCr／15nmPtMn／7nmCo_{100-x}M_x／7nmCu／7nmCo_{100-x}M_x／10nmTa／上部電極（数値は膜厚）。

【0080】

磁化自由層と磁化固着層は膜厚7nmに固定し、添加元素Mの添加量xを0、5at%、10at%、15at%、20at%、30at%、40at%と変化させた。

【0081】

種々の添加元素および添加量での規格化抵抗変化量は、Sc5at%で1.3倍に、Ti2at%で1.8倍、Mn2at%で1.4倍、Cu2at%で1.6倍、Hf2at%で2倍となり、これらの添加元素が抵抗変化量増大に効果があることがわかった。いずれの添加元素でも、0.5at%～30at%、より望ましくは10at%以下で効果がある。

【0082】

またFeおよびNiについては、5at%以下の添加によって ΔR がそれぞれ1.5倍および1.3倍になることが確認されている。

【0083】

同様に、添加元素としてCr、V、Ta、Nb、Zn、Ga、Ge、Zr、Hf、Y、Tc、Re、Ru、Rh、Ir、Pd、Pt、Ag、Au、B、Al、In、C、Si、Sn、Ca、Sr、Baを用いた場合にも、0.1at%~30at%以下の添加で磁気抵抗変化量の増加が認められた。

【0084】

上述した添加元素による磁気抵抗変化量の増大効果は、純Coに限らず、Co基合金すなわちCoが50at%以上を占める合金においても同様に認められた。

【0085】

(第8の実施形態)

磁化固着層と磁化自由層にNiに添加元素を添加した合金を用いて磁気抵抗効果膜を作製した。膜構成は以下の通りである。

【0086】

下部電極/5nmTa/5nmNiFeCr/15nmPtMn/7nmNi_{100-x}M_x/7nmCu/7nmNi_{100-x}M_x/10nmTa/上部電極(数値は膜厚)。

【0087】

磁化自由層と磁化固着層は膜厚を7nmに固定し、添加元素Mの添加量xを0、5at%、10at%、15at%、20at%、30at%、40at%と変化させた。

【0088】

種々の添加元素および添加量での規格化抵抗変化量は、Ti5at%で1.3倍、Mn2at%で1.5倍、Mn2at%で1.2倍、Zn2at%で1.2倍、Ga2at%で1.5倍、Zr2at%で1.4倍、Hf2at%で1.5倍となり、これらの添加元素が抵抗変化量増大に効果があることがわかった。いずれの添加元素でも、添加量が0.1at%~30at%以下、より望ましくは10at%以下で効果がある。

【0089】

またFeおよびCoについては、5at%以下の添加によって、 ΔR がそれ

ぞれ 1. 2 倍および 1. 1 倍になることが確認されている。

【 0 0 9 0 】

同様に、添加元素として Cr、V、Ta、Nb、Sc、Cu、Y、Tc、Re、Ru、Rh、Ir、Pd、Pt、Ag、Au、B、Al、In、C、Si、Sn、Ca、Sr、Ba を用いた場合にも、0. 5 at % ~ 3 0 at % 以下の添加で磁気抵抗変化量の増加が認められた。

【 0 0 9 1 】

上述した添加元素による磁気抵抗変化量の増大効果は、純 Ni に限らず、Ni 基合金すなわち Ni が 5 0 at % 以上を占める合金においても同様に認められた。

【 0 0 9 2 】

なお、第 5 ~ 第 8 の実施形態において、添加元素の添加方法としては、母金属中に微量に添加元素を成膜した後に拡散させてもよいが、ターゲットに予め添加しておいた方が制御性もよく、結晶性などの膜質も向上する。また、添加元素の存在形態としては、母金属に固溶していると合金のバンド構造が変化するので効果が大きい。添加元素が母相から析出していても母相と析出相の隣接する部分で状態が変化するので効果はある。さらに、添加元素を濃度変調させれば、効果的である。

【 0 0 9 3 】

【 3 】 磁化固着層と磁化自由層の結晶構造に基づく抵抗変化量の増大効果について検討した結果を説明する。

【 0 0 9 4 】

(第 9 の実施形態)

磁気抵抗変化量増大は、磁化固着層と磁化自由層が体心立方晶 (b c c 構造) をとる場合にも得られる。

【 0 0 9 5 】

b c c 構造をとることによる磁気抵抗変化量の増大効果は、Fe - Co - Ni 系合金以外の磁性体を磁化固着層および磁化自由層に適用した場合においても確認できた。

【0096】

[4] 以上の [1]、[2]、[3] で述べた実施形態の変形例について説明する。

【0097】

(第10の実施形態)

図2に示すように、反強磁性体を上部に配置したトップ型スピバルブでも、磁化固着層と磁化自由層の組成および結晶構造を適切に調整することにより、磁気抵抗変化量の増大効果が認められた。

【0098】

(第11の実施形態)

図12に積層フェリ構造の磁気抵抗効果素子を示す。図12に示す磁気抵抗効果素子は、下部電極11、下地層12、反強磁性層13、磁化固着層21と反平行結合層22と磁化固着層21の三層構造の磁化固着層14、非磁性中間層15、磁化自由層24と反平行結合層25と磁化自由層26の三層構造の磁化自由層16、保護層17、上部電極18を有する。このような積層フェリ構造の磁気抵抗効果素子でも、磁化固着層と磁化自由層の組成および結晶構造を適切に調整することにより、磁気抵抗変化量の増大効果が認められた。

【0099】

また、磁化固着層および磁化自由層のうちいずれか一方のみが積層フェリ構造をとっていてもよい。以下においては、磁化固着層のみが積層フェリ構造となっている場合を考える。この磁気抵抗効果素子は、下部電極11、下地層12、反強磁性層13、磁化固着層21、反平行結合層22、磁化固着層23、非磁性中間層15、磁化自由層24、保護層17、上部電極18を有する。具体的には以下のような磁気抵抗効果膜を作製した。

【0100】

試料A：下部電極／5nmTa／5nmNiFeCr／15nmPtMn／7nm($\text{Fe}_{0.5}\text{Co}_{0.5}$)₉₉Cu₁／Ru1nm／($\text{Fe}_{0.5}\text{Co}_{0.5}$)₉₉Cu₁／7nmCu／7nm($\text{Fe}_{0.5}\text{Co}_{0.5}$)₉₉Cu₁／10nmTa／上部電極。

【0101】

試料B：下部電極／5nmTa／5nmNiFeCr／15nmPtMn／7nmNi₈₀Fe₂₀／Ru1nm／(Fe_{0.5}Co_{0.5})₉₉Cu₁／7nmCu／7nm(Fe_{0.5}Co_{0.5})₉₉Cu₁／10nmTa／上部電極。

【0102】

試料C：下部電極／5nmTa／5nmNiFeCr／15nmPtMn／7nm(Fe_{0.5}Co_{0.5})₉₉Cu₁／Ru1nm／(Fe_{0.5}Co_{0.5})₉₉Cu₁／7nmCu／7nmCo₅₀Fe₅₀／10nmTa／上部電極。

【0103】

試料D：下部電極／5nmTa／5nmNiFeCr／15nmPtMn／7nm(Fe_{0.5}Co_{0.5})₉₉Cu₁／Ru1nm／(Fe_{0.5}Co_{0.5})₉₉Cu₁／7nmCu／7nmCo₉₀Fe₁₀／10nmTa／上部電極。

【0104】

試料Bは試料Aと比較して、 $A\Delta R$ が約1.4倍に増加した。以下に、原因について簡単に考察する。磁気抵抗効果素子を構成する積層膜のうち、磁気抵抗変化に寄与する能動部分は、磁化自由層24、非磁性中間層15、非磁性中間層と接する磁化固着層23である。非磁性中間層と接していない方の磁化固着層21は、磁化自由層が反転する際の磁気抵抗変化量に直接寄与せず、能動部分にとっての下地として機能する。ここで、磁気抵抗効果膜のほとんどの部分は、結晶構造として面心立方晶(111)配向をとる。ここに体心立方晶の層を入れると全体としての結晶性が劣化するので、体心立方晶の部分は必要最低限に抑えたい。試料Aでは下地としての磁化固着層21を体心立方晶の(Fe_{0.5}Co_{0.5})₉₉Cu₁としており、磁気抵抗効果膜の結晶性が悪かったのに対し、試料Bでは磁化固着層21を面心立方晶のNi₈₀Fe₂₀と置き換えたので、膜質が向上し、 $A\Delta R$ が増大したと考えられる。

【0105】

また、試料Cと試料Dでは、磁化自由層の保磁力に着目し、磁化自由層の材料を変えて比較した。磁化自由層には、磁気記録媒体からの信号磁場に対する感度を高くするために、保持力H_cが小さいことが要求される。ここで、面心立方晶Co₉₀Fe₁₀の保持力は小さく、体心立方晶Co₅₀Fe₅₀の保持力は大きいこと

が知られている。実際、磁化自由層に $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ を用いた試料 C は、 H_c 16 Oe と大きかった。そこで、試料 D において磁気抵抗変化量が減少することは甘受し、磁化自由層に $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ を用いると、 H_c は 7 Oe まで低減できた。

【0106】

(第12の実施形態)

図13にデュアル構造の磁気抵抗効果素子を示す。図13に示す磁気抵抗効果素子は、下部電極11、下地層12、反強磁性層13、磁化固着層14、非磁性中間層15、磁化自由層16、第2の非磁性中間層15'、第2の磁化固着層14'、第2の反強磁性層13'、保護層17、上部電極18を有する。

【0107】

以下のように、図1に示す標準的な磁気抵抗効果素子と、図13に示すデュアル構造の磁気抵抗効果素子を作製して比較した。

【0108】

標準：下部電極／5nmTa／5nmNiFeCr／15nmPtMn／7nm $\text{Co}_{100-x}\text{Fe}_x$ ／7nmCu／7nm $\text{Co}_{100-x}\text{Fe}_x$ ／10nmTa／上部電極。

【0109】

デュアル：下部電極／5nmTa／5nmNiFeCr／15nmPtMn／7nm $\text{Co}_{100-x}\text{Fe}_x$ ／7nmCu／7nm $\text{Co}_{100-x}\text{Fe}_x$ ／7nmCu／7nm $\text{Co}_{100-x}\text{Fe}_x$ ／15nmPtMn／10nmTa／上部電極。

【0110】

このような積層フェリ構造の磁気抵抗効果素子でも、磁化固着層と磁化自由層の組成および結晶構造を適切に調整することにより、磁気抵抗変化量の増大効果が認められた。また、積層フェリ構造の磁気抵抗効果素子は、標準的な磁気抵抗効果素子の約3倍の磁気抵抗変化量を示した。

【0111】

(第13の実施形態)

図14に磁化固着層と磁化自由層を、強磁性層と非磁性層の積層構造とした磁気抵抗効果膜を示す。図14に示す磁気抵抗効果素子は、下部電極11、下地層

12、反強磁性層13、強磁性層31および非磁性層32の積層体からなる磁化固着層14、非磁性中間層15、強磁性層31および非磁性層32の積層体からなる磁化自由層16、保護層17、上部電極18で構成されている。この素子の磁化固着層と磁化自由層においては、強磁性層31が非磁性層32を介して強磁性結合している。

【0112】

具体的には、以下のような積層構造の磁気抵抗効果素子を作製した。下部電極／5nmTa／5nmNiFeCr／15nmPtMn／(1nmCo₅₀Fe₅₀／tnmCu)×7／7nmCu／(1nmCo₅₀Fe₅₀／tnmCu)×7／10nmTa／上部電極。

【0113】

ここで、(1nmCo₅₀Fe₅₀／tnmCu)×7は、1nmCo₅₀Fe₅₀／tnmCu／1nmCo₅₀Fe₅₀／tnmCu／1nmCo₅₀Fe₅₀／tnmCu／1nmCo₅₀Fe₅₀／tnmCu／1nmCo₅₀Fe₅₀／tnmCu／1nmCo₅₀Fe₅₀のことを指す。

【0114】

図19にCu層の厚さを変化させたときの出力を示す。図19より、Cu層の厚さが0.03nm～1nmで効果が大きいことがわかる。

【0115】

EXAFSによる解析結果によると、Cu層の厚さが上記の範囲である場合、Cuは周囲のCo₅₀Fe₅₀の影響を多大に受け、結晶構造として面心立方晶ではなく体心立方晶をとっていることがわかった。このような状態の磁気抵抗効果膜は、第5の実施形態におけるCu一様添加よりも、高AΔRを達成できる。これは、Cu濃度の周期的な変調が、Co₅₀Fe₅₀合金自体のバンド構造に影響し、マジョリティスピンとマイノリティスピンの伝導の差が拡大しているためと考えられる。ただし、n-EDXによる解析では、測定精度上、組成が一様であるように見えた。

【0116】

また、Cu層の厚さを1nmにした場合、下部電極／5nmTa／5nmNi

FeCr/15nmPtMn/7nmCo₅₀Fe₅₀/7nmCu/7nmCo₅₀Fe₅₀/10nmTa/上部電極という図1に示す磁気抵抗効果素子と比較して約1.4倍～3倍の磁気抵抗変化量を示した。

【0117】

なお、上記の効果はCo₅₀Fe₅₀に限らず、Co-Fe2元合金、Ni-Fe2元合金、Ni-Co2元合金、Fe-Co-Ni3元合金のいずれの組成域においても、同様に認められた。

【0118】

また、非磁性層にCr、V、Ta、Nb、Sc、Ti、Zn、Ga、Ge、Zr、Hf、Y、Tc、Re、(Ruは除く)、Rh、Ir、Pd、Pt、Ag、Au、B、Al、In、C、Si、Sn、Ca、Sr、Baを用いた場合にも、 ΔR 増大効果が得られた。

【0119】

(第14の実施形態)

図15に他の磁気抵抗効果素子を示す。図15に示す磁気抵抗効果素子は、下部電極11、下地層12、反強磁性層13、第1の強磁性層33および第2の強磁性層34の積層体からなる磁化固着層14、非磁性中間層15、第1の強磁性層33および第2の強磁性層34の積層体からなる磁化自由層16、保護層17、上部電極18で構成されている。

【0120】

このような積層構造の磁気抵抗効果素子でも、磁化固着層と磁化自由層の強磁性層の組成および結晶構造を適切に調整することにより、磁気抵抗変化量の増大効果が認められた。

【0121】

(第15の実施形態)

また、磁化自由層と磁化固着層の組成は必ずしも同一である必要はない。以下のように、図1に示す標準的な磁気抵抗効果素子に対し、磁化自由層と磁化固着層の組成を変化させた磁気抵抗効果素子を作製して比較した。

【0122】

(A) 標準：下部電極／5 nm Ta／5 nm Ni Fe Cr／15 nm Pt Mn／7 nm $\text{Co}_{100-x}\text{Fe}_x$ ／7 nm Cu／7 nm $\text{Co}_{100-x}\text{Fe}_x$ ／10 nm Ta／上部電極。

【0123】

(B) 磁化固着層のみ変化：下部電極／5 nm Ta／5 nm Ni Fe Cr／15 nm Pt Mn／7 nm $\text{Fe}_{50}\text{Co}_{50}$ ／7 nm Cu／7 nm $\text{Co}_{100-x}\text{Fe}_x$ ／10 nm Ta／上部電極。

【0124】

(C) 磁化自由層と磁化固着層の両方変化：下部電極／5 nm Ta／5 nm Ni Fe Cr／15 nm Pt Mn／7 nm $\text{Fe}_{50}\text{Co}_{50}$ ／7 nm Cu／7 nm $\text{Fe}_{50}\text{Co}_{50}$ ／10 nm Ta／上部電極。

【0125】

磁気抵抗変化量は、(B) が (A) の 1.8 倍、(C) が (A) の 2.2 倍となる。(B) は磁気抵抗変化量の点では (C) に劣るが、軟磁気特性が向上するので磁気ヘッドのバルクハウゼンノイズが抑制され、実用上は価値が高い。このような観点から、磁化固着層と磁化自由層の膜構成を個別に最適化することが有効である。

【0126】

次に、本発明に係る磁気ヘッドを搭載した磁気ヘッドアセンブリ、およびこの磁気ヘッドアセンブリを搭載した磁気ディスク装置について説明する。

【0127】

図 16 (a) は CPP-MR ヘッドを搭載した磁気ヘッドアセンブリの斜視図である。アクチュエータアーム 201 は、磁気ディスク装置内の固定軸に固定されるための穴が設けられ、図示しない駆動コイルを保持するボビン部等を有する。アクチュエータアーム 201 の一端にはサスペンション 202 が固定されている。サスペンション 202 の先端には CPP-MR ヘッドを搭載したヘッドスライダ 203 が取り付けられている。また、サスペンション 202 には信号の書き込みおよび読み取り用のリード線 204 が配線され、このリード線 204 の一端はヘッドスライダ 203 に組み込まれた CPP-MR ヘッドの各電極に接続され

、リード線 2 0 4 の他端は電極パッド 2 0 5 に接続されている。

【 0 1 2 8 】

図 1 6 (b) は図 1 6 (a) に示す磁気ヘッドアセンブリを搭載した磁気ディスク装置の内部構造を示す斜視図である。磁気ディスク 2 1 1 はスピンドル 2 1 2 に装着され、図示しない駆動装置制御部からの制御信号に応答する図示しないモータにより回転する。アクチュエータアーム 2 0 1 は固定軸 2 1 3 に固定され、サスペンション 2 0 2 およびその先端のヘッドスライダ 2 0 3 を支持している。磁気ディスク 2 1 1 が回転すると、ヘッドスライダ 2 0 3 の媒体対向面は磁気ディスク 2 1 1 の表面から所定量浮上した状態で保持され、情報の記録再生を行う。アクチュエータアーム 2 0 1 の基端にはリニアモータの 1 種であるボイスコイルモータ 2 1 4 が設けられている。ボイスコイルモータ 2 1 4 はアクチュエータアーム 2 0 1 のボビン部に巻き上げられた図示しない駆動コイルとこのコイルを挟み込むように対向して配置された永久磁石および対向ヨークからなる磁気回路とから構成される。アクチュエータアーム 2 0 1 は固定軸 2 1 3 の上下 2 個所に設けられた図示しないボールベアリングによって保持され、ボイスコイルモータ 2 1 4 により回転撓動が自在にできるようになっている。

【 0 1 2 9 】

さらに、本発明に係る磁気抵抗効果素子は、磁気抵抗効果メモリ (M R A M) にも適用できる。

【 0 1 3 0 】

【発明の効果】

以上詳述したように本発明によれば、スピバルブ構造の垂直通電磁気抵抗素子において、スピン依存伝導に関与する部分の抵抗値を上げ、ひいては抵抗変化量を大きくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施形態に係る垂直通電磁気抵抗効果素子の断面図。

【図 2】

本発明の他の実施形態に係る垂直通電磁気抵抗効果素子の断面図。

【図 3】

本発明の他の実施形態に係る垂直通電磁気抵抗効果素子の断面図。

【図 4】

本発明の他の実施形態に係る垂直通電磁気抵抗効果素子の断面図。

【図 5】

本発明の他の実施形態に係る垂直通電磁気抵抗効果素子の断面図。

【図 6】

本発明の他の実施形態に係る垂直通電磁気抵抗効果素子の断面図。

【図 7】

本発明の他の実施形態に係る垂直通電磁気抵抗効果素子の断面図。

【図 8】

垂直通電磁気抵抗効果素子の各部位の電気抵抗を示す図。

【図 9】

本発明の実施形態に係る垂直通電磁気抵抗効果素子に Co-Fe 合金を用いた場合の磁気抵抗変化量の Fe 濃度依存性を示す図。

【図 10】

本発明の実施形態に係る垂直通電磁気抵抗効果素子に Ni-Fe 合金を用いた場合の磁気抵抗変化量の Ni 濃度依存性を示す図。

【図 11】

本発明の実施形態に係る垂直通電磁気抵抗効果素子に Ni-Co 合金を用いた場合の磁気抵抗変化量の Co 濃度依存性を示す図。

【図 12】

本発明の実施形態に係る垂直通電磁気抵抗効果素子に Fe-Co-Ni 3 元合金を用いた場合の磁気抵抗変化量の測定点を示す図。

【図 13】

図 12 に示した合金組成と磁気抵抗変化量との関係を示す図。

【図 14】

本発明の実施形態に係る垂直通電磁気抵抗効果素子に $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ に Cu を含有した合金を用いた場合の磁気抵抗変化量の Cu 濃度依存性を示す図。

【図 1 5】

本発明の他の実施形態に係る垂直通電磁気抵抗効果素子の断面図。

【図 1 6】

本発明の一実施形態に係る磁気ヘッドアセンブリの斜視図、および磁気ディスク装置の内部構造を示す斜視図。

【図 1 7】

本発明の一実施形態に係る垂直通電磁気抵抗効果素子の具体的な構造を示す断面図。

【図 1 8】

本発明の他の実施形態に係る垂直通電磁気抵抗効果素子の具体的な構造を示す断面図。

【図 1 9】

本発明の実施形態に係る、磁化固着層および磁化自由層に $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ 層と Cu 層との積層構造とした垂直通電磁気抵抗効果素子の、磁気抵抗変化量の Cu 膜厚依存性を示す図。

【図 2 0】

体心立方晶をなす $\text{Fe}-\text{Co}-\text{Ni}$ 合金の組成域を示す相図。

【図 2 1】

体心立方晶をなす $\text{Co}-\text{Mn}-\text{Fe}$ 合金の組成域を示す相図。

【符号の説明】

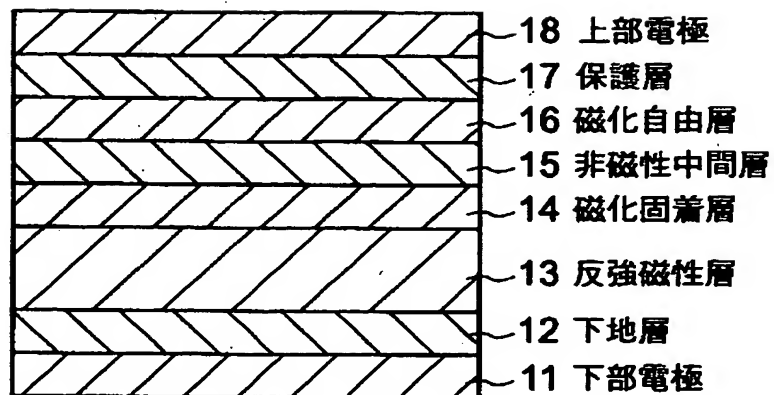
- 1 1 …下部電極
- 1 2 …下地層
- 1 3 …反強磁性層
- 1 4 …磁化固着層
- 1 5 …非磁性中間層
- 1 6 …磁化自由層
- 1 7 …保護層
- 1 8 …上部電極
- 2 1 …磁化固着層

- 2 2 …非磁性層
- 2 3 …磁化固着層
- 2 4 …磁化自由層
- 2 5 …非磁性層
- 2 6 …磁化自由層
- 3 1 …強磁性層
- 3 2 …非磁性層
- 3 3 …第 1 の強磁性層
- 3 4 …第 2 の強磁性層
- 5 1 …S i 基板
- 5 2 …A l O_x
- 5 3 …下部電極
- 5 4 …スピバルブ膜
- 5 5 …ハード膜
- 5 6 …S i O_x
- 5 7 …上部電極
- 5 8 …A u 膜
- 2 0 1 …アクチュエータアーム
- 2 0 2 …サスペンション
- 2 0 3 …ヘッドスライダ
- 2 0 4 …リード線
- 2 0 5 …電極パッド
- 2 1 1 …磁気ディスク
- 2 1 2 …スピンドル
- 2 1 3 …固定軸
- 2 1 4 …ボイスコイルモータ

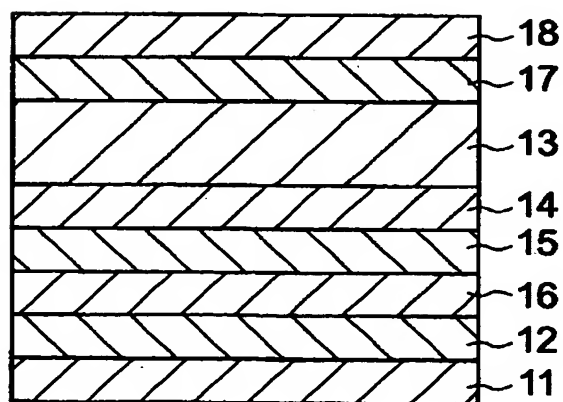
【書類名】

図面

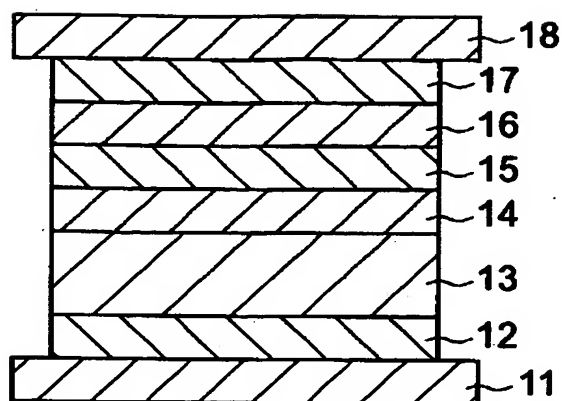
【図 1】



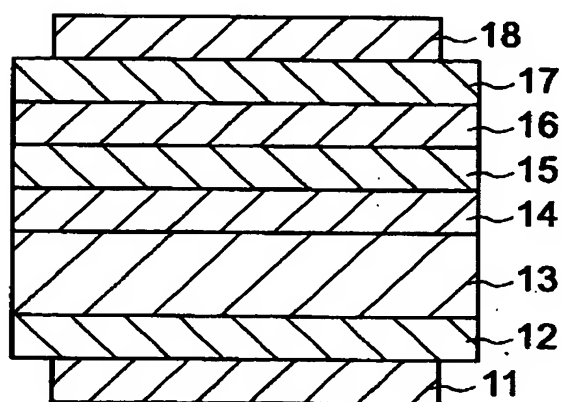
【図 2】



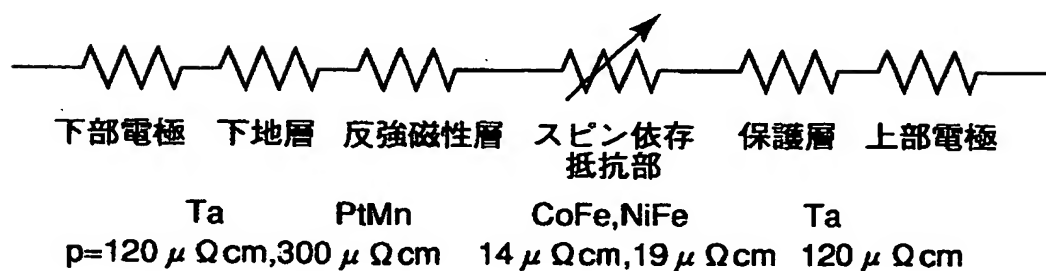
【図 3】



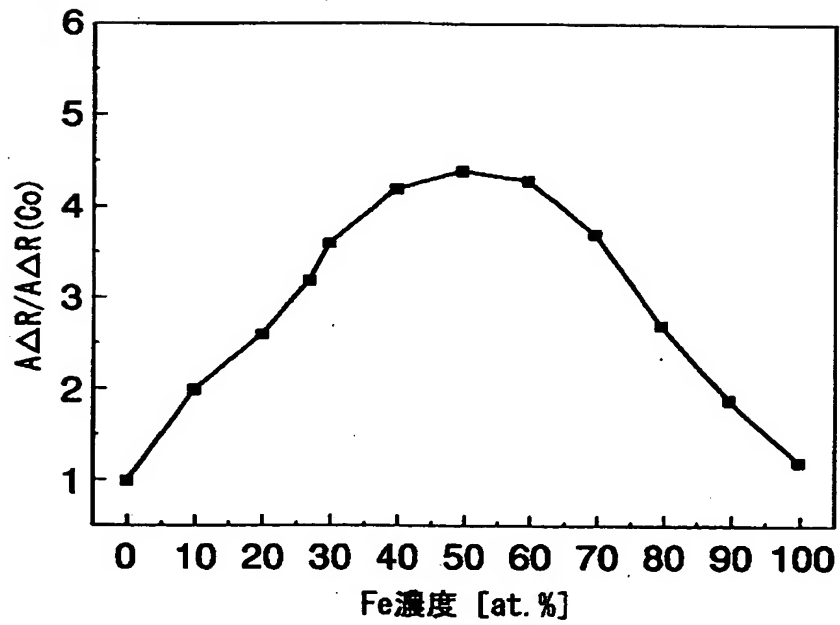
【図 4】



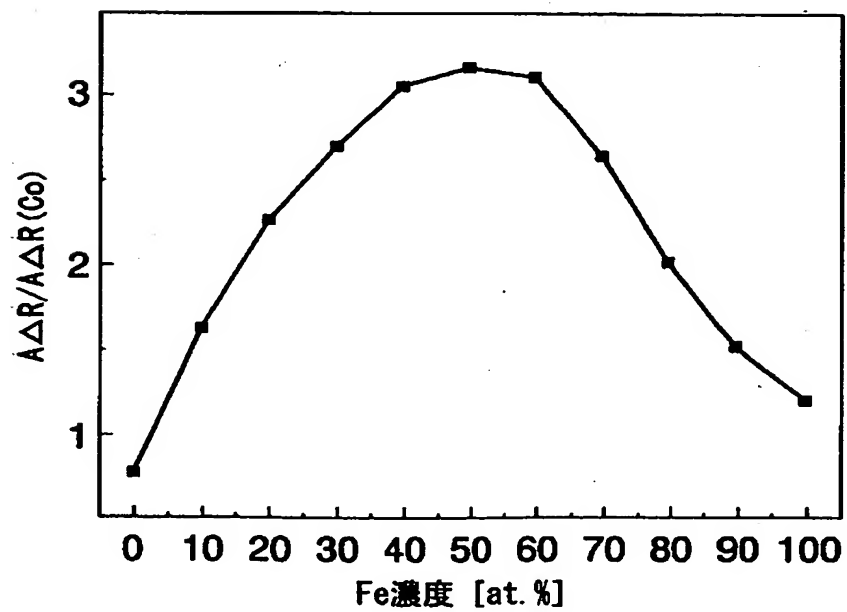
【図 5】



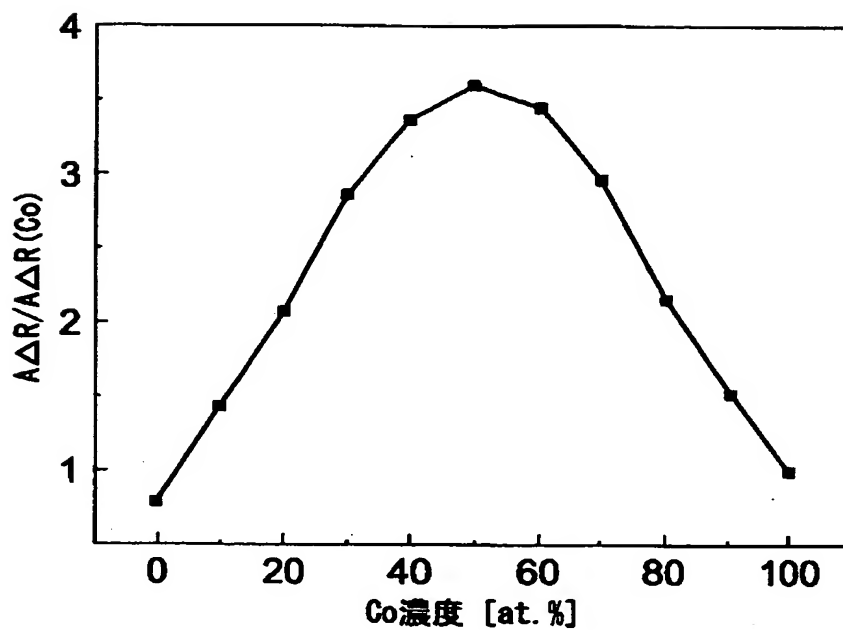
【図 6】



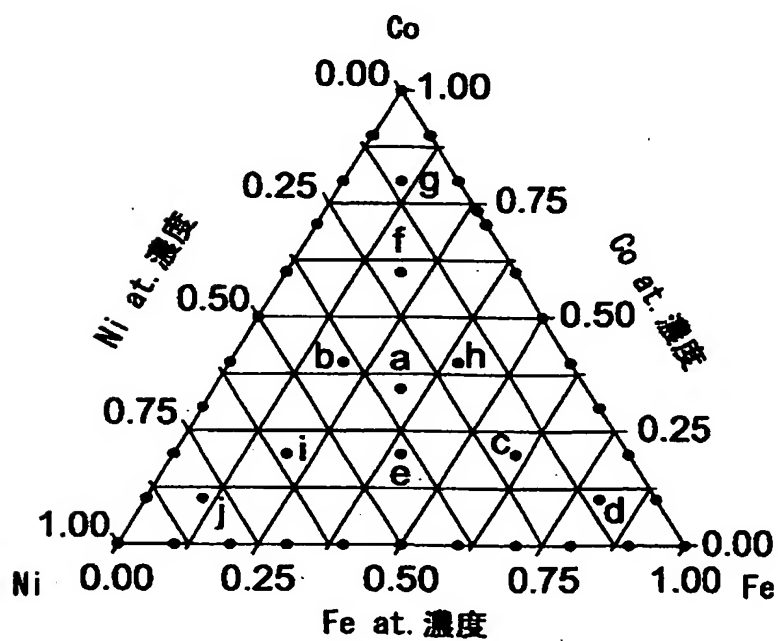
【図 7】



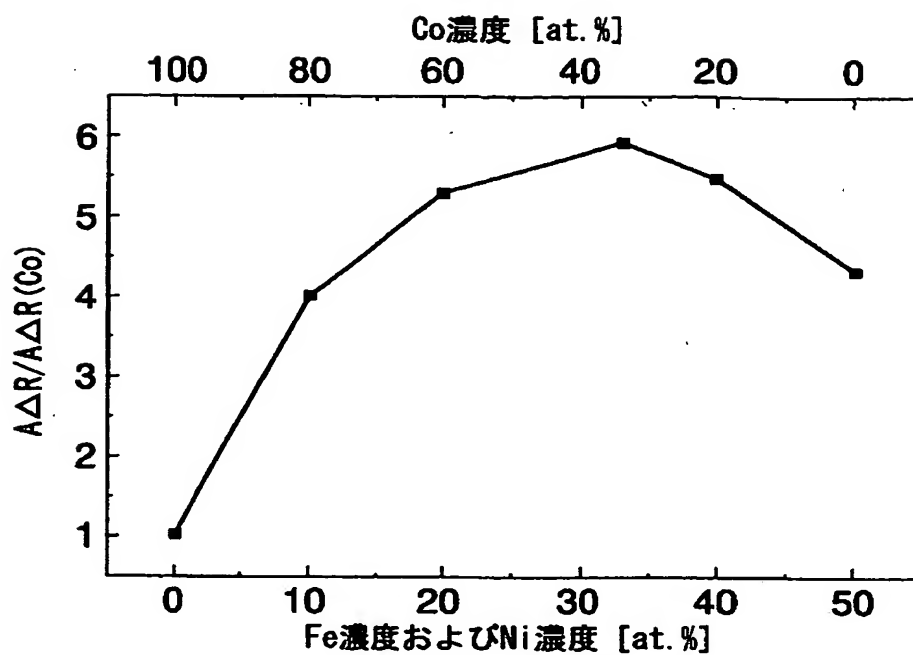
【図8】



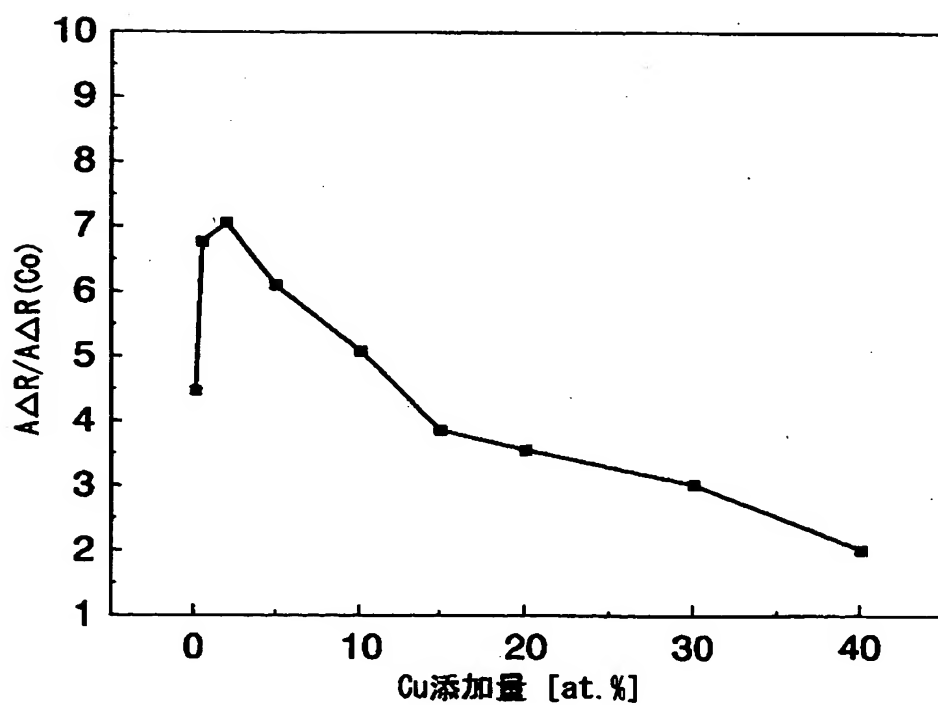
【図9】



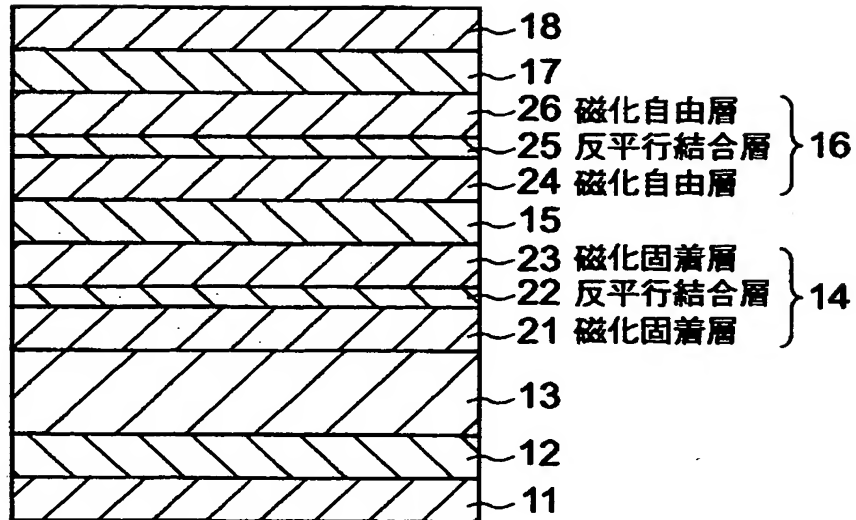
【図10】



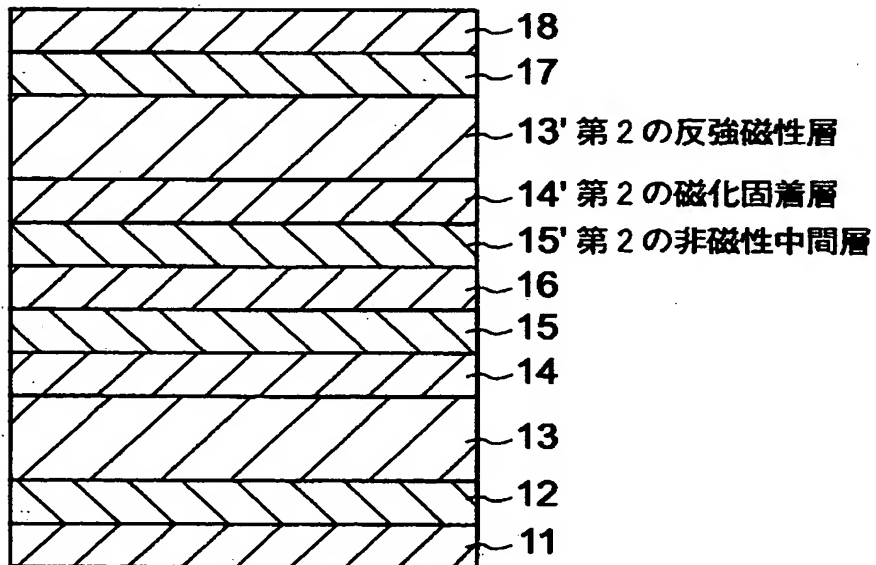
【図11】



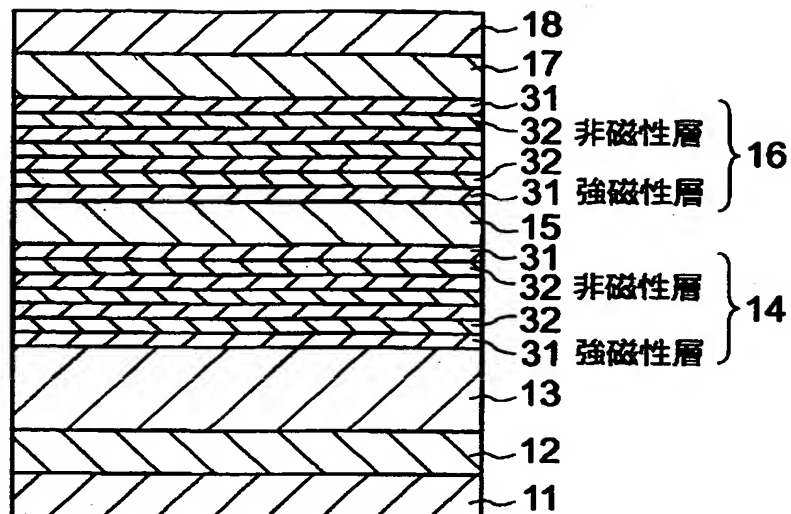
【図12】



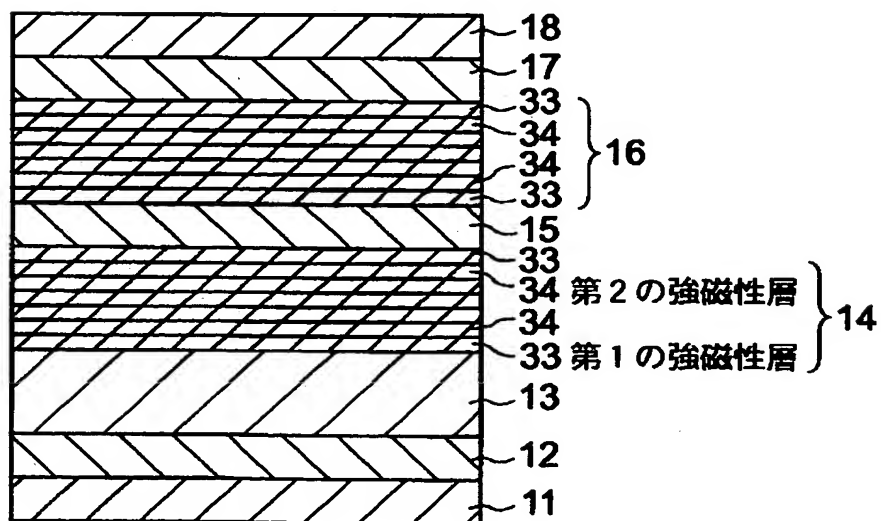
【図13】



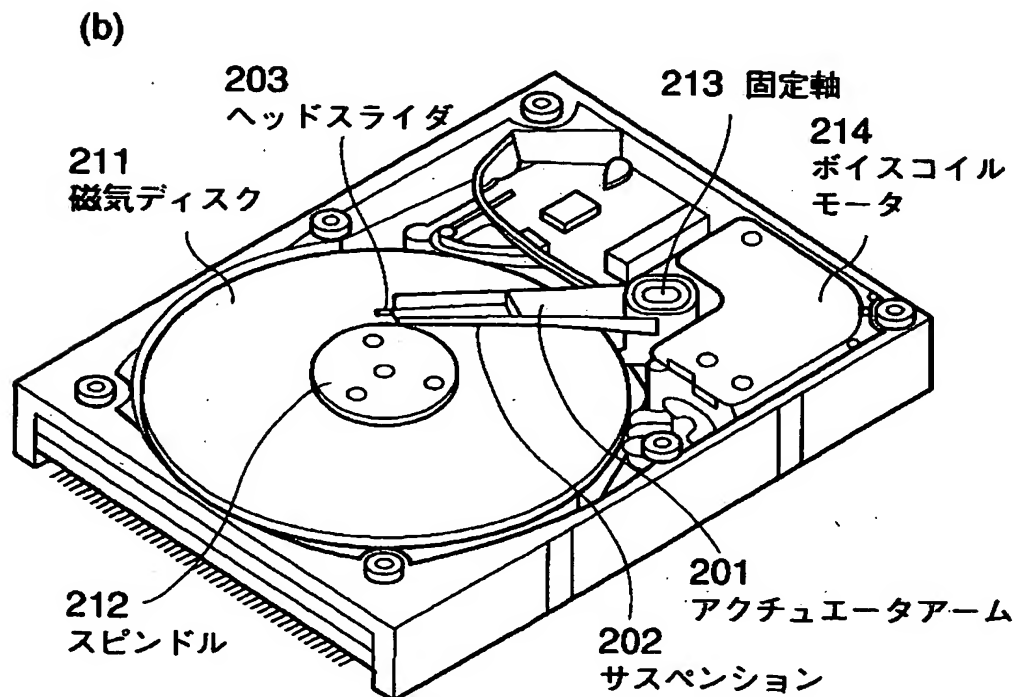
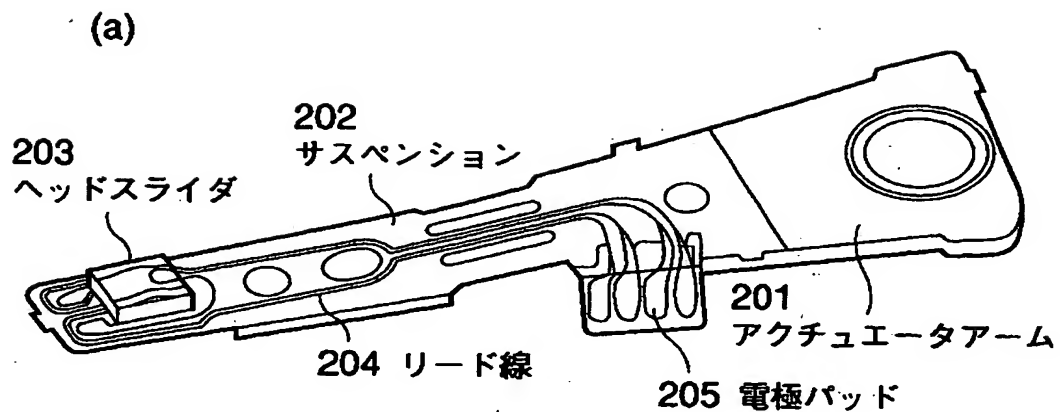
【図14】



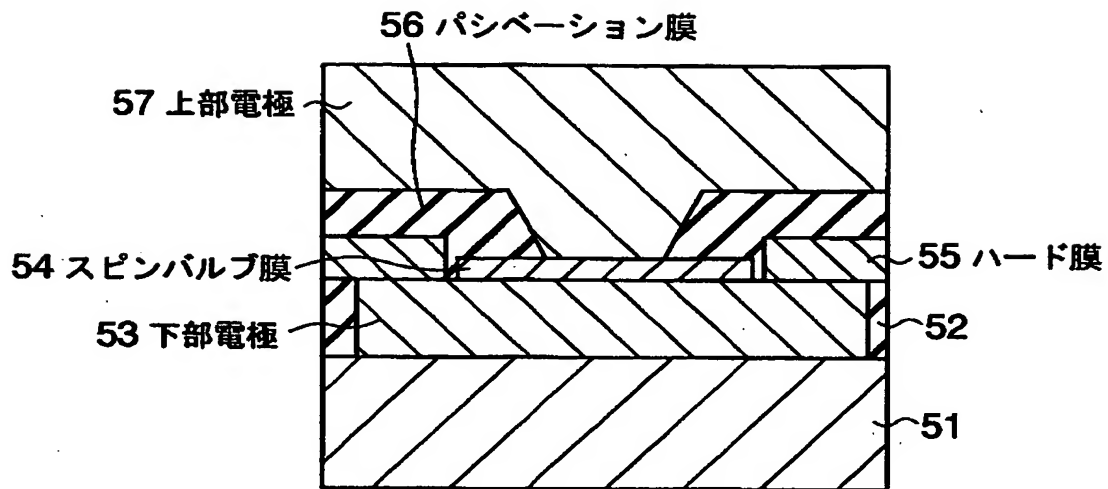
【図15】



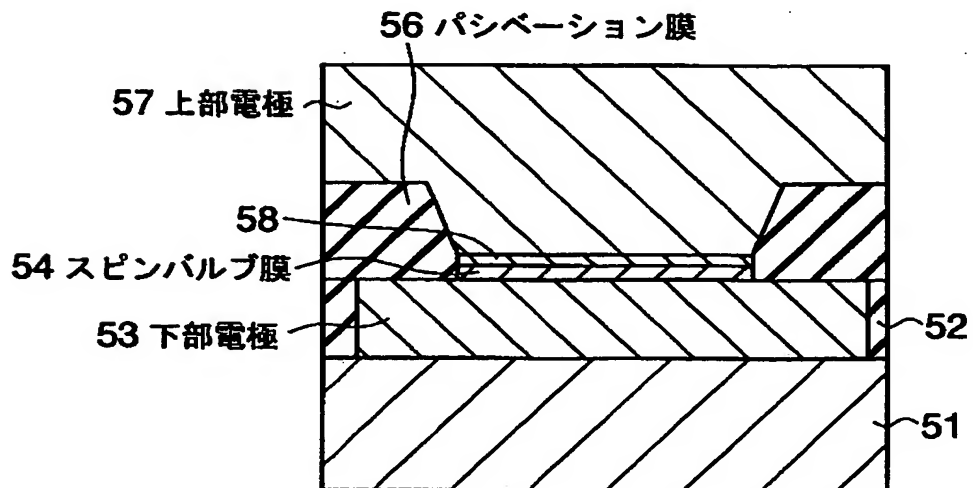
【図16】



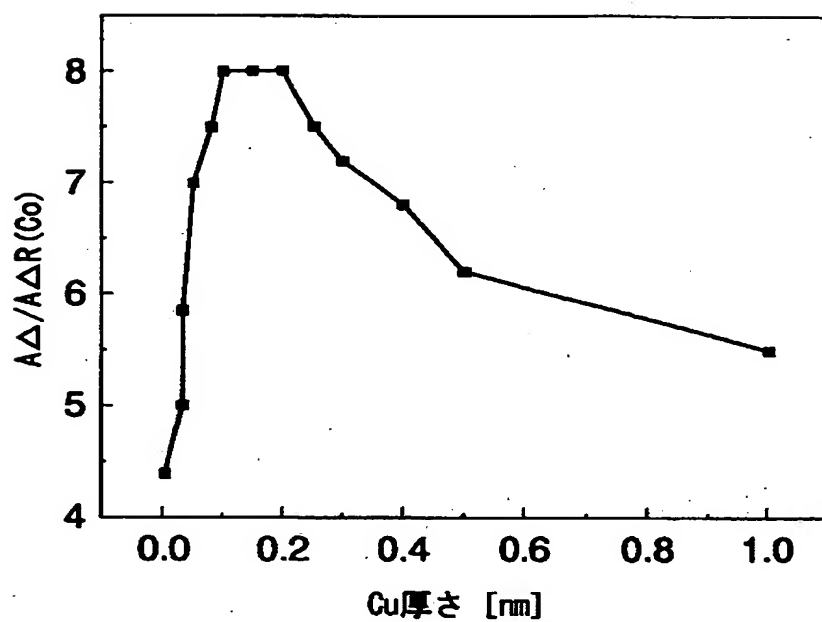
【図 17】



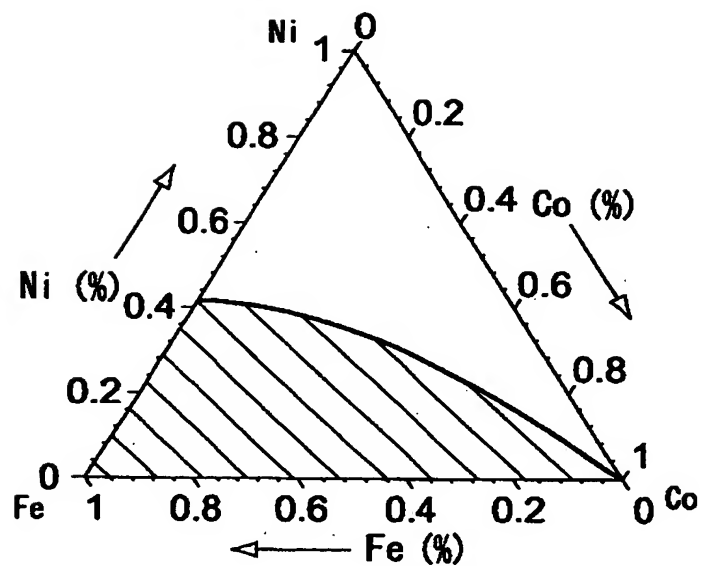
【図 18】



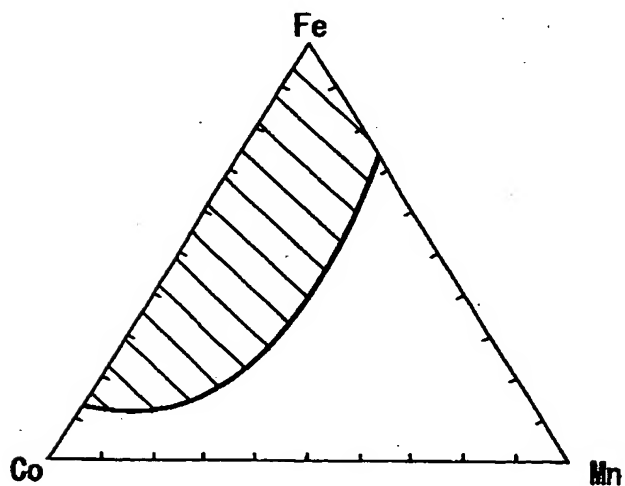
【図19】



【図 20】



【図 21】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 スピンバルブ構造の垂直通電磁気抵抗素子において、スピン依存伝導に
関与する部分の抵抗値を上げ、ひいては抵抗変化量を大きくする。

【解決手段】 磁化固着層（14）と、磁化自由層（16）と、磁化固着層と磁
化自由層との間に形成された非磁性中間層（15）と、磁化固着層、非磁性層お
よび前記磁化自由層の膜面に対して略垂直にセンス電流を通電するための電極と
を有する磁気抵抗効果素子であって、磁化固着層（14）と磁化自由層（16）
を形成する強磁性層のうち少なくとも1層に、Fe、CoおよびNiのうち少な
くとも2種の金属を含み最少の金属が少なくとも25at%含有される2元合金
もしくは最少の金属が少なくとも5at%含有される3元合金、または結晶構造
を体心立方晶とした合金を用いる。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2001-246613
受付番号	50101199209
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0097
作成日	平成13年 8月20日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000003078
【住所又は居所】	東京都港区芝浦一丁目1番1号
【氏名又は名称】	株式会社東芝

【代理人】

申請人

【識別番号】	100058479
【住所又は居所】	東京都千代田区霞が関3丁目7番2号 鈴榮内外 國特許法律事務所内
【氏名又は名称】	鈴江 武彦

【選任した代理人】

【識別番号】	100084618
【住所又は居所】	東京都千代田区霞が関3丁目7番2号 鈴榮内外 國特許法律事務所内
【氏名又は名称】	村松 貞男

【選任した代理人】

【識別番号】	100068814
【住所又は居所】	東京都千代田区霞が関3丁目7番2号 鈴榮内外 國特許法律事務所内
【氏名又は名称】	坪井 淳

【選任した代理人】

【識別番号】	100092196
【住所又は居所】	東京都千代田区霞が関3丁目7番2号 鈴榮内外 國特許法律事務所内
【氏名又は名称】	橋本 良郎

【選任した代理人】

【識別番号】	100091351
【住所又は居所】	東京都千代田区霞が関3丁目7番2号 鈴榮内外 國特許法律事務所内

次頁有

認定・付加情報（続き）

【氏名又は名称】	河野 哲
【選任した代理人】	
【識別番号】	100088683
【住所又は居所】	東京都千代田区霞が関3丁目7番2号 鈴築内外 國特許法律事務所内
【氏名又は名称】	中村 誠
【選任した代理人】	
【識別番号】	100070437
【住所又は居所】	東京都千代田区霞が関3丁目7番2号 鈴築内外 國特許法律事務所内
【氏名又は名称】	河井 将次

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003078]

1. 変更年月日 2001年 7月 2日
[変更理由] 住所変更
住 所 東京都港区芝浦一丁目1番1号
氏 名 株式会社東芝